



Universidade de Brasília  
Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade - FACE  
Departamento de Ciências Econômicas  
Bacharelado em Ciências Econômicas

**ANDERSON TIAGO DO CARMO SANTOS**

**ESTUDO DE VIABILIDADE FINANCEIRA DE UM PROJETO  
DE USINA INTEGRADA DE RESÍDUO SÓLIDO URBANO:  
UMA ANÁLISE DE ESCALA.**

BRASÍLIA – DF  
2014

**ANDERSON TIAGO DO CARMO SANTOS**

**ESTUDO DE VIABILIDADE FINANCEIRA DE UM PROJETO  
DE USINA INTEGRADA DE RESÍDUO SÓLIDO URBANO:  
UMA ANÁLISE DE ESCALA.**

Monografia apresentada ao  
Departamento de Ciências Econômicas  
como requisito parcial à obtenção do  
título de Bacharel em Ciências  
Econômicas.

Professor Orientador: Pedro Henrique  
Zuchi da Conceição

BRASÍLIA – DF

2014

**ANDERSON TIAGO DO CARMO SANTOS**

**ESTUDO DE VIABILIDADE FINANCEIRA DE UM PROJETO  
DE USINA INTEGRADA DE RESÍDUO SÓLIDO URBANO:  
UMA ANÁLISE DE ESCALA.**

Monografia apresentada junto ao curso de  
Ciências Econômicas da Universidade de  
Brasília como requisito à obtenção do  
título de Bacharel.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Zuchi da  
Conceição

Banca examinadora

Brasília, ..... de ..... de .....

---

Dr. Pedro Zuchi da Conceição,  
Professor-Examinador

---

Dr. Júnia Cristina Peres  
Rodrigues da Conceição  
Professora-Examinadora

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao pai, minha mãe, Andressa e Catarina pelo carinho de vocês e por terem sido tão pacientes comigo. A Aline que por sua grande colaboração. Ao Áureo e Fernando que se dispuseram a me ajudar na revisão do texto. Ao Marcelo que sem sua colaboração não conseguiria realizar essa pesquisa. Ao Professor Zuchi que acreditou em mim, me aconselhou e muito colaborou para essa análise. Agradeço ainda todos que de alguma forma me ajudaram, doando seu tempo, dando conselhos, realizando traduções, por terem paciência comigo, etc.

## RESUMO

A presente pesquisa trata de uma análise de um projeto de uma usina de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). No Brasil entre os anos de 2001 a 2013 houve um crescimento de 66% na produção diária de RSU, tamanho crescimento demandou novas políticas para o setor de Lixo no Brasil, o que ocorreu na Lei 12.305/10 que promulgou a Política Nacional de Resíduos Sólidos. A nova política tem como princípio o desenvolvimento sustentável, e define que destinação final ambientalmente adequada, inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético. O projeto da usina adequa-se a essa política em todos os quesitos e constitui uma solução de manejo de RSU e para destinação final Resíduos de Serviços de Saúde (RSS), para núcleos urbanos para 50, 100 e 400 mil habitantes.

A presente pesquisa faz uma análise financeira e socioambiental de usinas de tratamento de RSU com capacidade de tratamento de 50, 100 e 400 mil toneladas dia, em quatro cenários distintos. Os cenários variam de acordo com a origem da receita das usinas, se contemplam ou não a receita de recicláveis, e/ou se contemplam ou não a receita de RSS. As usinas são viáveis em quase todas as escalas e cenários, a única que possui o VPL negativo foi a de 50 toneladas com receitas dos materiais recicláveis, sem RSS. Os valores dos VPL dos projetos variam de R\$-195.000, 00 até R\$333.917.708, 85, este último é para a usina de 400 toneladas com receitas de recicláveis e RSS, as TIR variaram de 9, 91% a.a. até 65, 25% a.a. . A sustentabilidade é um tema recorrente, e por isso foram realizados cálculos de carbono eficiência, constatou-se que ao longo dos 30 anos de operação a usina de 50, 100 e 400 toneladas deixam de enviar a atmosfera respectivamente 229.989 tCO<sub>2</sub>e, 459.978 tCO<sub>2</sub>e, 1.839.915 tCO<sub>2</sub>e. Quanto a produção anual de energia elétrica a usina de 50 toneladas consegue produzir em média 1125 MW/ano, a de 100 toneladas 2250 MW/ano e a de 400 toneladas 9000 MW/ano.

Palavras-chave: Análise Financeira. Análise Socioambiental. Análise de Projetos. Manejo de RSU. Sustentabilidade. RSU.

## ABSTRACT

This research analyses the project of an Urban Solid Waste (USW) plant. In Brazil from 2001 to 2013 there was a growth of 66% in the daily production of USW. This growth demanded new politics from the garbage sector in Brazil, which occurred through Law 12.305/10 that promulgated the National Policy for Solid Waste. The new policy is based on the principle of sustainable development and defines that final disposal environmentally sound, includes reusing, recycling, composting, recovery and energetic use. The plant project fits this policy in all its questions and constitutes a management solution for USW and final disposal of Health Service Waste (HSW) for urban cores of 50, 100 and 400 thousand inhabitants.

This research analyses financially and socio-environmentally USW treatment plants with the capacity of treating 50, 100 and 400 thousand tons a day in four different sets. The sets change according to the origin of the plant's revenue, if they contemplate or not the revenue of recycled goods and/or if they contemplate or not the revenue of HSW. The plants are viable in almost every scale and set. The only one with negative NPV was the 50 tons one with revenues of recycled goods, without HSW. The value of the NPV of the projects varied from R\$-195.000,00 to R\$333.917.708,85, being the last one from the 400 tons plant with revenues of recycled goods and HSW. The IRR varied from 9, 91%a.y. to 65, 25%a.y.. The sustainability is a recurring theme and because of that, carbon efficiency calculations have been done. It is found that through 30 years of operation, the 50, 100 and 400 ton plants prevent sending 229.989 tCO<sub>2e</sub>, 459.978 tCO<sub>2e</sub>, 1.839.915 tCO<sub>2e</sub> respectively. Concerning yearly production of electrical power, the 50 ton plant can produce around 1125 MW/year. the 100 ton 2250 MW/year and the 400 ton 9000 MW/year.

Key words: Financial Analysis. Socio-Environmental Analysis. Project Analysis. USW Management. Sustainability. USW.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Diagrama de fluxo de poluição.....	26
Figura 2- Custo Externo da Poluição.....	30
Figura 3 - Efeito da taxa sobre o bem-estar social .....	34
Figura 4 - Fluxograma das usinas .....	41
Figura 5 - Gastos com RSU per capita em metrópoles globais .....	43
Figura 6 - VPL em função da taxa de juros para usina de 50 toneladas .....	54
Figura 7 - VPL em função da taxa de juros para usina de 100 toneladas .....	55
Figura 8 - VPL em função da taxa de juros para usina de 400 toneladas .....	56

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -Recursos aplicados em RSU e custo por habitante/mês nos anos de 2012 e 2013 .....	46
Tabela 2 - Valor dos Investimentos nas usinas .....	50
Tabela 3 - Custos operacionais no primeiro ano .....	53
Tabela 4 - Gravimetria utilizada nos cálculos dos fluxos de caixa.....	54
Tabela 5 - Receitas no primeiro ano de operação.....	54
Tabela 6 - Carbono eficiência das usinas .....	62



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

COFINS – Contribuição Social para o Financiamento da Seguridade Social

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CSLL – Contribuição Social sobre o Lucro Líquido

ETA – Estação de Tratamento de Água

GEE – Gases de Efeito Estufa

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICMS – Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços

IDH – Índice de Desenvolvimento Humano

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

IR – Imposto de Renda

MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

MMA – Ministério do Meio Ambiente

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

PGRS – Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos

PIB – Produto Interno Bruto

PIS – Programa de Integração Social

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

RSS – Resíduos de Serviços de Saúde

RSU – Resíduo Sólido Urbano

SELUR – Sindicato das Empresas de Limpeza Urbana no Estado de São Paulo

SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente

SLU – Serviços de Limpeza Urbana

SNIS – Sistema Nacional de Informações de Saneamento

SNVS – Sistema Nacional de Vigilância Sanitária

TIR – Taxa Interna de Retorno

VPL – Valor Presente Líquido

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>1 A respeito dE Resíduos Sólidos Urbanos.....</b>	<b>16</b>
1.1 Lei Federal n.º 12.305/2010 e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).....	19
1.1.1 Críticas apontadas na Audiência Pública (19/3/2014) da Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos –ABETRE com relação à Lei nº12.305/2010 .....	22
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>24</b>
2.1 Princípios econômicos que norteiam a questão de resíduos sólidos .....	24
2.1.1 Teoria Neoclássica da Poluição.....	25
2.1.2 Teoria das Externalidades – Poluição.....	28
<b>3 Análise Custo VERSUS Benefício da Usina de Tratamento de Resíduos Sólidos .....</b>	<b>36</b>
3.1 Descrição dos processos da usina .....	38
3.2 Análise Financeira .....	41
3.2.1 Dados utilizados nos cálculos de VPL e TIR.....	43
3.2.2 Investimento inicial.....	44
3.2.3 Custos iniciais .....	45
3.2.4 Custos de implantação.....	47
3.2.5 Custos anuais .....	48
3.2.6 Composição das receitas.....	50
3.2.7 Escala e rentabilidade (VPL e TIR).....	52
3.2.7.1 Usina 50 toneladas diárias .....	53
3.2.7.2Usina de 100 toneladas diárias .....	54
3.2.7.3Usina de 400 toneladas diárias .....	55
3.3 Análise social do projeto.....	56
3.3.1 Benefícios e custos das externalidades do projeto MDL – Produção de energia limpa.....	56
3.3.1.1Produção de energia limpa.....	58
3.3.1.2Resíduos de serviços de saúde (RSS).....	59
3.3.1.3Incinerador (flare) .....	61
3.3.2 Sustentabilidade .....	62
<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>65</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>68</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>72</b>
Apêndice 1 – Tabela de rentabilidade da usina de 50 t.....	72
Apêndice 2 – Tabela de rentabilidade da usina de 100 t.....	73
Apêndice 3 – Tabela de rentabilidade da usina de 400 t.....	74

## INTRODUÇÃO

Um dos problemas da sociedade atual consiste nos impactos do crescimento contínuo da escala da economia sobre o meio ambiente. À medida que a população aumenta, ocorre um processo encadeado e acelerado de expansão da extração de recursos naturais e de consequente produção de resíduos e rejeitos para o meio ambiente, processo esse cujo potencial nocivo também se tem elevado aceleradamente (MUELLER, 2007).

Resultados diretos desse processo são o aumento da quantidade de lixo produzido pela população e, conseqüentemente, o aumento da necessidade de cobertura dos serviços de tratamento de resíduos sólidos urbanos (RSUs). No Brasil, a disposição final desses resíduos, por vezes, não é a adequada, o que resulta em inúmeros problemas de poluição, além do desperdício de energia. O presente trabalho objetiva analisar, sob os aspectos financeiros, sociais e ambientais, a viabilidade econômica de usina de tratamento como uma solução assertiva para a destinação final dos RSUs.

Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), em seu relatório "Panorama de Resíduos Sólidos 2013" a geração de resíduos sólidos urbanos no referido ano foi superior a 76 milhões de toneladas, isso para 45% da população brasileira. Para todo o país seria cerca de 209 mil toneladas por dia, com média de 1,041 kg/habitante/dia. Do total de 404 municípios estudados, 41,7% não deram destinação adequada aos RSUs coletados, desses 58% foram aterros controlados e 42% para lixões (ABRELPE, 2014).

Em estudo realizado pelo Banco Mundial em 2012, constatou-se que a produção de RSUs aumenta exponencialmente à medida que a renda *per capita* cresce, mesmo nos países desenvolvidos, que adotam modais de RSU, ou seja, formas de manejo de RSUs mais avançadas. O estudo em questão mostra que países-membros da Organização para a Cooperação Econômica e Desenvolvimento (OCDE) geram, de RSUs, 2,2kg/habitante/dia enquanto países da América Latina e do Caribe geram 1,1kg/habitante/dia. As expectativas para o ano de 2025 é que os países da América Latina e do Caribe cheguem a produzir 1,6 kg/*per capita*/dia, o que representará uma produção de 728 t/dia (DANIEL; PERINAZ, 2012).

Vale frisar que a discussão do presente assunto é desafiadora para um economista, pois este pode aprofundar-se em aspectos que vão da geração até os resultados das diferentes alternativas de gestão de RSUs (NOGUEIRA, 2006).

Essa complexidade temática envolve a geração de RSUs, passando pelas práticas de gestão e indo até a destinação desses resíduos. Obviamente, há uma série de deficiências e ineficiências no fluxo de gestão dos RSUs, bem como nos serviços públicos prestados à população. Na busca de melhorar a gestão de RSUs, a legislação brasileira estabelece que essa gestão seja vista de forma integrada, observando-se todo o processo. A visão da gestão integrada se inicia com a coleta, seguida do transbordo<sup>1</sup>, manejo, segregação, manipulação, tratamento, acondicionamento, armazenamento, reúso e reciclagem, encerrando-se com a disposição final dos resíduos sólidos. Entretanto, os maiores problemas ocorrem na coleta desses resíduos e na disposição final destes no meio ambiente. A questão pode-se agravar devido à má gestão de materiais recicláveis e à falta de gerenciamento na emissão de gases de efeito estufa (GEE), principalmente no que diz respeito ao metano (CH<sub>4</sub>) e ao gás carbônico (CO<sub>2</sub>).

O manejo adequado dos RSUs é importante estratégia protetiva do meio ambiente e da saúde. Dispostos em aterros, os RSUs podem danificar as condições do solo, da água e do ar, por serem fontes de compostos orgânicos voláteis, pesticidas, solventes e metais pesados, entre outros (GIUSTI, 2009. *Apud* GOUVEIA, 2012). A decomposição da matéria orgânica presente no lixo resulta na formação de chorume, que pode contaminar o solo e as águas superficiais ou subterrâneas, por meio da contaminação do lençol freático. Nesse processo, pode também ocorrer a formação de gases tóxicos, asfixiantes e explosivos que se acumulam no subsolo ou são lançados na atmosfera (GOUVEIA, 2010).

Os locais de armazenamento e de disposição final tornam-se ambientes propícios para a proliferação de vetores<sup>2</sup> e de outros agentes transmissores de doenças. Adicionalmente, é comum a emissão de partículas e outros poluentes atmosféricos, derivados diretamente da queima de lixo ao ar livre

---

<sup>1</sup> **Transbordo** é a transferência direta de mercadoria de um para outro veículo, no caso do lixo e pegar o lixo coletado e levar para as Estações de Transbordo. As Estações foram criadas em função da distância entre de coleta e o aterro sanitário (um dos tipos de disposição final), portanto, são locais onde o lixo é descarregado dos caminhões compactadores e, depois, leva-se resíduos até o aterro sanitário, seu destino final. Texto retirado do site <http://portogente.com.br/portopedia/transbordo-73294> (Visto em agosto 2014).

<sup>2</sup> Vetor é todo ser vivo capaz de transmitir um agente infectante, de maneira ativa ou passiva.

ou da incineração de dejetos sem o uso de equipamentos de controle adequados. De modo geral, os impactos dessa degradação estendem-se para além das áreas de disposição final dos resíduos, afetando toda a população que habita a região próxima de aterro (GOUVEIA, 2012).

À luz da ciência econômica, o lixo é classificado como uma externalidade negativa, assim como outros tipos de poluição. Segundo Mueller (2007), poluição<sup>3</sup> é um nome genérico dado ao fluxo de dejetos gerados por um sistema econômico e descartado no meio ambiente. Esse autor afirma que a magnitude dos danos causados pela poluição depende da natureza e da intensidade da emissão de resíduos e rejeitos, bem como da resiliência do meio ambiente impactado por essa emissão. Parte desses dejetos é absorvida pelo meio ambiente e torna-se inofensiva; porém, a parte não absorvida pode acumular-se e provocar diminuição do bem-estar da sociedade. Assim, entende-se como resiliência do meio ambiente a capacidade que este tem de absorver a poluição e de se regenerar.

Dada a importância da resiliência do meio ambiente para a sociedade hodierna, a economia considera-a como um recurso vital e a classifica como um bem público. Segundo Sousa (2012), os bens públicos puros constituem um exemplo extremo de externalidade, pois, assim como os recursos comunitários, o direito de propriedade não pode ser individualizado, em razão de esse tipo de bem não ser divisível. Além disso, o ato de consumir o bem público não reduz a sua quantidade disponível para o consumo das outras pessoas, e ele também não pode ser transferido a um indivíduo em particular para outro, porque ele não é de propriedade privada. A natureza desse bem é de satisfação coletiva e social (SOUSA, 2012).

Conforme as características acima citadas, é possível perceber o grau de dificuldade para o estabelecimento de um preço pelo uso da resiliência ambiental, externalidade negativa ambiental. Caso não se firme um custo direto aos agentes econômicos – produtores e consumidores –, haverá um elevado aumento nos níveis de poluição. Porém, ao não se estipular um custo como forma de limitação na produção de resíduos, o agente econômico estará impondo aos outros agentes níveis mais baixos de bem-estar conduzindo a economia a um

---

<sup>3</sup> Entende-se por essa poluição no seu sentido estritamente material, existem outros tipos de poluição como a sonora ou por meio eletrônico, que tem definições e fluxos bastante distintos da poluição discutida nesse trabalho.

limiar de poluição que aquele agente imagina ser o melhor, uma vez que ele não pensa na sociedade como um todo. Em contrapartida, caso nada seja feito, os prejuízos serão deixados para as gerações futuras (MUELLER, 2007).

Destarte, tem-se que a preocupação com as próximas gerações e com o meio ambiente traz à tona o conceito de desenvolvimento sustentável. Segundo Lelé (1991.apud MUELLER, 2007), a definição de desenvolvimento sustentável é uma ideia que agrada a todos, pois mantém o lucro dos empresários, aumenta a equidade desejada pela assistência social e contempla os agentes preocupados com a poluição ou com a preservação da natureza, bem como o formulador de políticas que deseja maximizar o crescimento etc. Em verdade, a noção de desenvolvimento sustentável é bem próxima ao critério de eficiência de Pareto (MUELLER, 2007.)- o qual será explicado no Capítulo 2-, uma vez que ambos os conceitos trazem a ideia de que todos podem mudar de escolha para ganhar mais, desde que nenhum outro agente perca com isso. Esse conceito é válido para componentes tanto das classes menos favorecidas quanto das classes mais favorecidas, para os países desenvolvidos e em desenvolvimento, para a sociedade presente quanto para a futura; ou seja, todos devem ser contemplados para que uma melhoria seja considerada Pareto eficiente.

O crescimento das preocupações com o meio ambiente, a manutenção de condições adequadas de vida para as gerações futuras e a geração e gestão de RSUs passou a interessar tanto ao cidadão comum quanto ao legislador, aos formuladores de políticas públicas, aos administradores públicos e aos empresários. Esse interesse provocou o surgimento de uma série de instrumentos, tais como leis e regulamentos, no bojo da política ambiental, com o propósito de criar e estabelecer mecanismos de avaliação e controle das atividades consideradas potencialmente causadoras de impactos (ROSCOE, 2011).

No Brasil, entre os instrumentos surgidos em atenção ao interesse público pela gestão de resíduos sólidos, os legisladores aprovaram a Lei Federal n.º 12.305, de 2 de agosto de 2010, que passou a ser o marco legal do setorno país. Essa lei também é conhecida como Lei de Resíduos Sólidos e objetiva mudar o cenário da gestão do lixo no Brasil, incentivando as pesquisas e a implementação de novas práticas para tratamento de resíduos sólidos, que sejam mais limpas e sustentáveis, tema este que será abordado no Capítulo 1.

Em que pese haver determinação na lei supracitada para o manejo de resíduos sólidos de forma programada e sustentável, não há qualquer obrigação, por parte dos municípios, de realização de estudos de análise de custo social.

Entretanto, segundo o Manual da OCDE (1968) de nada adiantaria discutir a destinação dos resíduos sólidos e a sua viabilidade financeira sem se observar a questão social aí envolvida. Conforme o citado manual, a OCDE propõe que se faça uma avaliação social de projetos, considerando-se os custos e benefícios como uma ferramenta na avaliação de propostas de investimentos pelos agentes públicos.

Diversos são os estudos em economia e em outras ciências aplicadas nos quais se inserem variáveis sociais e, principalmente, ambientais, em análises de projetos. A expectativa é que esses estudos ajudem os gestores a obterem resultados efetivos, no sentido de indicar a relevância ou não dos investimentos pretendidos, sob a ótica da sociedade como um todo, que não considerem somente o aspecto financeiro, mas que também tenham um viés socioambiental.

Segundo Contador (2000), tanto os economistas quanto os leigos sensatos concordam que os países menos desenvolvidos são caracterizados por conflitos consideráveis entre os preços observados no mercado e os chamados preços sociais. Há de se esperar, então, que as avaliações de projetos realizadas para os empresários e para o setor privado, em geral, não sejam convergentes com aquelas calculadas com custo social, que considera a sociedade como um todo. O autor defende, ainda, que a avaliação social deve observar os efeitos diretos e indiretos que são, ou serão, causados por um determinado projeto. A questão mais importante da avaliação social de projetos é induzir os agentes públicos a adotarem decisões que conciliem os interesses privados e sociais.

Uma possível solução para a destinação final dos resíduos sólidos, que contempla tanto os aspectos financeiros quanto os socioambientais, são as usinas de RSUs. Sob essa perspectiva, esta pesquisa apresenta a viabilidade econômica de usina de RSUs sob três escalas distintas, visando soluções para núcleos urbanos de 50, 100 e 400 mil habitantes. A avaliação financeira será realizada por meio do fluxo de caixa projetado, utilizando as técnicas de Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa interna de Retorno (TIR). Os aspectos

socioambientais não terão uma metodologia científica específica, sendo colocados como informações adicionais que influenciam de maneira considerável os gestores a tomarem decisões mais adequadas e satisfatórias.



## 1 A RESPEITO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

No presente capítulo, serão introduzidos alguns conceitos necessários para a melhor compreensão do trabalho de pesquisa realizado. Antes, entretanto, de introduzir os diversos conceitos relacionados à produção do que, comumente, é chamado de lixo, faz-se necessário esclarecer o significado do termo Resíduos Sólidos.

Segundo a ABNT, em sua regulamentação ABNT NBR 10004, são considerados resíduos sólidos todos aqueles nos estados sólido e semissólido que:

[...] resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível. (ABNT, 2004).

Complementando-se a definição estipulada pela ABNT, tem-se a definição redigida no artigo 3.º, inciso XVI, da Lei n.º 12.305/2010, a seguir transcrito:

**Art. 3.º** Para os efeitos desta Lei, entende-se por:

**XVI** - resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível. (BRASIL, 2010).

Em linguagem leiga, os resíduos sólidos correspondem a todo lixo produzido pela sociedade, seja ele de origem doméstica, industrial ou hospitalar, seja ele sólido, líquido ou gasoso.

Esclarecido o conceito de resíduos sólidos, adentra-se no mérito quanto à necessidade de se discutir sua destinação final não só em caráter ambiental, mas também econômico. Preambularmente, cumpre mencionar que a quantidade de resíduos gerados em um país está diretamente relacionada com a evolução de sua população, o seu nível de urbanização e o poder de compra dos habitantes, entre outros fatores (FADE; BNDES, 2013).

Quinto maior país em extensão territorial do mundo, o Brasil atingiu a marca populacional total de 201.032.714 habitantes no ano de 2013 (IBGE, 2013), dos quais cerca de 85% constituem a população urbana. Na última década (2001 a 2010), o PIB teve um crescimento médio de 3,6% e o PIB *per capita* registrou crescimento anual médio de 2,4%. No período de 2000 a 2010, a taxa de crescimento populacional foi de 12,3% (IBGE, 2010), enquanto a produção de RSUs evoluiu de 125.258t/dia para 195.090 t/dia (ABRELPE, 2012): um crescimento de 35,7%. Ressalte-se que, se observado o período de 2001 a 2013, esse crescimento foi de 66%, segundo os dados lançados pela ABRELPE (2014), o que sugere que a geração de resíduos não está relacionada só ao tamanho da população, mas a diversos fatores (FADE; BNDES, 2013).

No Brasil, o Panorama de Resíduos Sólidos 2013 estimou que, nesse ano, foram produzidas mais de 209 mil toneladas de RSUs por dia, o que equivale a um crescimento de 4, 1% em relação ao ano de 2012. Em contrapartida, a população cresceu 3,7% no ano. Das 209 mil toneladas/dia, 90% dos resíduos gerados foram coletados; 62,1% dos municípios realizaram coleta seletiva. Com relação à destinação final dos resíduos, 58,3% foram dispostos em aterros sanitários; 24,2%, em aterros controlados; e 17,4%, em lixões (ABRELPE, 2014).

Segundo relatório do Banco Mundial, a produção mundial de lixo em 2012 superou 3,5 milhões de toneladas dia, sendo que países-membros da OCDE produziram cerca de 1,566 milhão de toneladas/dia (44,7% da produção mundial), enquanto os países do Leste da Ásia e do Pacífico produziram cerca de 738 mil toneladas/dia, e a América Latina e o Caribe, cerca 437,5 mil toneladas/dia. Dados estimativos dão conta de que os países da OCDE produziram, de RSUs, 2,2kg/*per capita*/dia, enquanto países da América Latina e do Caribe, 1,1kg/*per capita*/dia (DANIEL; PERINAZ, 2012).

No referido relatório, em que faz projeções para o ano de 2025, o Banco Mundial estima que a região do Leste da Ásia e do Pacífico produzirá 1,865 milhão de toneladas/dia, enquanto os países-membros da OCDE produzirão 1,742 milhão de toneladas/dia e a América Latina e o Caribe, aproximadamente 728,4 mil de toneladas/dia. Já a estimativa *per capita* para os países da América Latina e do Caribe é 1,6kg/dia, o que representa expectativa de crescimento de 45,5% em relação a 2011 (DANIEL; PERINAZ, 2012).

No Brasil, a Consultoria PricewaterhouseCoopers – PwC (2012) realizou estudo para o Sindicato das Empresas de Limpeza Urbana no Estado de São Paulo (SELUR) e para a Associação Brasileira de Resíduos Sólidos e Limpeza Pública (ABLP), no qual se constatou que, enquanto a população brasileira cresceu 12% entre os anos de 2000 a 2010 (IBGE, 2010), a produção de resíduos cresceu 90%. O elevado crescimento da quantidade de RSUs a serem despejados no meio ambiente, combinado com a falta de projetos do setor público para dar uma destinação adequada a esses resíduos, acarreta uma série de problemas para sociedade, criando um estoque de poluição.

O descarte dos RSUs é uma operação que envolve desde as fases de limpeza e coleta até a destinação final. Porém, a destinação final dos resíduos, ou manejo, como é mais conhecida, é assunto que vem ganhando maior relevância no cenário mundial, devido às suas implicações na qualidade de vida das populações e à necessidade de se aprimorar as técnicas para melhor gerir os RSUs (MONTEIRO et al., 2001).

Todavia, em que pese a preocupação da comunidade internacional com a qualidade do meio ambiente, no Brasil, os métodos de gestão dos resíduos sólidos municipais e o tratamento desses resíduos, em geral, ainda não são sustentáveis no que diz respeito a coleta, transporte e depósito (SIMONETTO; LOBER, 2014).

Nesse cenário brasileiro, era notória a necessidade da criação de legislação específica para tratar o tema, afim de impulsionar as mudanças necessárias. Visando atender a essa demanda, foi promulgada a Lei Federal n.º 12.305/2010, também conhecida como Lei de Resíduos Sólidos, que tem por objetivo incentivar as pesquisas e a implementação de novas práticas para tratamento de lixo que sejam mais limpas e sustentáveis. Esse diploma legal instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e, entre várias outras providências, estabeleceu prazos para que os municípios brasileiros apresentassem seus planos de gerenciamento de resíduos sólidos (PGRS).

### 1.1 Lei Federal n.º 12.305/2010 e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)

Como já dito anteriormente, a Lei n.º 12.305/10, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e é considerada um marco regulatório no setor, veio contribuir para a solução de problemas ambientais, sociais e econômicos, conforme previsto em seu artigo 1.º, abaixo reproduzido:

Art. 1.º Esta Lei institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, dispondo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis. (BRASIL, 2010)

A norma em apreço traz em seu bojo importantes definições a respeito do tratamento que deve ser dado aos resíduos sólidos, esclarecendo que estes podem ser entendidos como bens descartados resultantes de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, ou se propõe a proceder, nos estados sólido ou semissólido. Essa definição abrange, também, os gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos, os quais demandam soluções técnicas para seu descarte, o que, muitas vezes, torna-se economicamente inviável face à pouca tecnologia disponível (BRASIL, 2010).

Para melhor compreensão de algumas definições determinadas pela PNRS e que serão utilizadas ao longo do trabalho, transcrevem-se, abaixo, trechos do seu artigo 3.º:

Art. 3.º Para os efeitos desta Lei, entende-se por:

I - **acordo setorial**: ato de natureza contratual firmado entre o poder público e fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes, tendo em vista a implantação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto;

...

IV - **ciclo de vida do produto**: série de etapas que envolvem o desenvolvimento do produto, a obtenção de matérias-primas e insumos, o processo produtivo, o consumo e a disposição final;

V - **coleta seletiva**: coleta de resíduos sólidos previamente segregados conforme sua constituição ou composição;

VI - **controle social**: conjunto de mecanismos e procedimentos que garantam à sociedade informações e participação nos processos de formulação, implementação e avaliação das políticas públicas relacionadas aos resíduos sólidos;

VII - **destinação final ambientalmente adequada**: destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do SISNAMA, do SNVS e do SUASA, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos

ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos;

VIII - **disposição final ambientalmente adequada:** distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos; (BRASIL, 2010)

O artigo 3.º da lei em apreço descreve o gerenciamento de resíduos sólidos como o “conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, ...”. O inciso XI do citado artigo, que conceitua a gestão integrada de resíduos sólidos, sugere a necessidade de resoluções de controle social que sigam as condições de desenvolvimento sustentável e que considerem as perspectivas culturais, políticas, ambientais e econômicas (BRASIL, 2010).

Já o artigo 6.º, em seus incisos, enumera os princípios da PNRS, entre os quais, os aspectos mais relevantes para a presente pesquisa são os seguintes: I) a prevenção e a precaução; II) o poluidor-pagador e o protetor-recebedor; III) a visão sistêmica, na gestão dos resíduos sólidos, que considere as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública; IV) o desenvolvimento sustentável; V) a ecoeficiência; VII) a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos; VIII) o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania; XI) a razoabilidade e a proporcionalidade.

O artigo 7.º da lei em tela é essencial, pois elenca os objetivos da PNRS, que são, por consequência, as metas a serem seguidas pelas usinas, e dentre as quaisse destacam:

I - proteção da saúde pública e da qualidade ambiental;

II - não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos;

III - estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços;

IV - adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais;

V - redução do volume e da periculosidade dos resíduos perigosos;

VI - incentivo à indústria da reciclagem, tendo em vista fomentar o uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados;

VII - gestão integrada de resíduos sólidos;

VIII - articulação entre as diferentes esferas do poder público, e destas com o setor empresarial, com vistas à cooperação técnica e financeira para a gestão integrada de resíduos sólidos;

XII - integração dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis nas ações que envolvam a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;

XIV - incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos, incluídos a recuperação e o aproveitamento energético;

XV - estímulo à rotulagem ambiental e ao consumo sustentável.

Um dos princípios mais relevantes da PNRS, sob o ponto de vista de inovação normativa, é a visão integrada quanto à gestão dos resíduos sólidos, que concebe não somente as variáveis de meio ambiente, mas também outros fatores, tais como sociedade, cultura, economia, tecnologia e saúde pública (BRASIL, 2010).

Para Godoy (2013), a PNRS contempla conceitos relativamente novos na política de RSUs, como ciclo de vida dos produtos, controle social, logística reversa e responsabilidade compartilhada. Referido autor destaca os seguintes pontos na visão sistêmica da PNRS: integração de meio ambiente, sociedade, cultura, economia, tecnologia e saúde pública; desenvolvimento sustentável, relativo à satisfação de necessidades presentes, sem deixar de pensar nas demandas da sociedade futura; reconhecimento do fato de os resíduos possuírem um interesse social e valor econômico; proporcionalidade na aplicação de taxas e tributos relativos aos resíduos.

Neste ponto, importa esclarecer a diferença entre a Política Nacional dos Resíduos Sólidos e o Plano Nacional de Resíduos Sólidos. A PNRS é norma ampla, que estipula conceitos e estabelece metas a serem alcançadas. Entretanto, para que se possa efetivar as metas ali contidas, mister se faz a utilização de alguns instrumentos, tais como os planos de resíduos sólidos e a coleta seletiva, entre outras ferramentas relacionadas à implementação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos; e a educação ambiental; entre outros (BRASIL, 2010).

Os planos de resíduos sólidos, tratados no Capítulo II da Lei n.º 12.305/10, incluem, além do Plano Nacional de Resíduos Sólidos, os planos estaduais, microrregionais e de regiões metropolitanas ou aglomerações urbanas, intermunicipais, municipais, e de gerenciamento de resíduos sólidos.

Para a pesquisa ora apresentada, é importante estabelecer relação com o Plano Nacional de Resíduos Sólidos, o qual prevê a redução da produção de resíduos sólidos, o reaproveitamento destes e a destinação final correta em caso de rejeitos/resíduos não recicláveis. Frise-se, ainda, que eram três os

pontos principais da PNRS: o fechamento dos lixões até o fim de 2014, destinação apenas de rejeitos para os aterros sanitários e implantação da logística reversa, segundo a qual a empresa fabricante de produto que gere resíduo (em seu todo ou em parte) deverá dar a destinação final adequada a esse resíduo (exemplo de embalagens que deverão ser reaproveitadas pelas indústrias).

*1.1.1 Críticas apontadas na Audiência Pública (19/3/2014) da Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos –ABETRE com relação à Lei nº12.305/2010*

Em que pese a necessidade de se criar uma legislação sobre o assunto ora apresentado e o avanço do Brasil ao conseguir elaborá-lo, a Lei nº12.305/10 ainda tem sido alvo de críticas.

Primeiramente, tem-se que a PNRS, em seu Capítulo V, ao dispor que o poder público poderá instituir medidas indutoras e linhas de financiamento para atender algumas iniciativas na área, foi omissa quanto a quais seriam esses incentivos, financeiros e creditícios, para os projetos no setor, o que retarda possíveis investimentos. Percebeu-se o não cumprimento dos prazos para a elaboração e entrega dos planos de resíduos sólidos.

Adicionalmente, a norma em questão possui deficiências relativas a mecanismos de acompanhamento na implementação das medidas e na definição de responsabilidades pelo cumprimento das metas. Deve-se organizar e distribuir as responsabilidades da implementação, para que não restem dúvidas quanto a quem deve ser cobrado caso as metas não se cumpram, ou caso aconteçam problemas na implementação e/ou execução.

Uma vez que se objetiva ter um controle de gestão pública para avaliação das metas, é essencial que se crie um Sistema Nacional de Informação sobre a Gestão de Resíduos Sólidos (SINIR), com uma agenda regulatória definitiva a ser cumprida, bem como instrumentos legais para atrelar as responsabilidades pela implementação e cumprimento da PNRS, pois a mera elaboração de planos não gera responsabilizações de caráter punitivo.

Ante todo o exposto quanto ao panorama geral e legal dos Resíduos Sólidos em nosso país, percebe-se que ainda há muito trabalho a ser feito por todos os cidadãos para que possam ser implementadas medidas eficientes para

a destinação final dos resíduos de forma ambientalmente adequada. O presente trabalho busca apresentar uma proposta exequível para municípios de 50, 100 e 400 mil habitantes, para que estes cumpram seus respectivos planos de resíduos sólidos, observando, de forma integral, a PNRS.



## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O presente capítulo apresentará a interação existente entre o sistema econômico e o meio ambiente, uma vez que este é um dos maiores responsáveis pelo bem-estar da sociedade. Sob essa perspectiva, tem-se como certo que os ramos da economia que mais se aprofundaram na relação do homem com o seu meio foram a economia ambiental e a economia ambiental neoclássica (MUELLER, 2007).

Os países menos desenvolvidos possuem uma ampla divergência entre os preços privados, habitualmente fornecidos pelo mercado, e os preços sociais. Porém, em geral, as avaliações de projetos do setor privado não coincidem necessariamente com aquelas obtidas por uma avaliação social, que tem uma visão global do projeto. A avaliação social serve para examinar os efeitos diretos e indiretos, presentes e futuros, que são ou serão causados por um determinado projeto. O ponto-chave nessa avaliação é como induzir os indivíduos a adotarem as decisões que conciliem os interesses privados e sociais (CONTADOR, 2000). Esta pesquisa pretende contribuir positivamente para esse processo decisório, explorando a questão socioambiental relacionada à destinação dos RSUs.

Além de todas as dificuldades metodológicas em gerar conteúdo aplicado na teoria do bem-estar, a avaliação social de projetos enfrenta críticas e desconfiças sob três formas: má compreensão do que vem a ser a avaliação social; o seu campo de aplicação quanto à natureza dos bens e serviços; e as falácias e demais restrições. Críticas à parte, a Teoria do Bem-estar é que norteia o pensamento neoclássico sobre poluição e foi a ramificação da economia que mais se dedicou a estudar os impactos das externalidades na economia.

### 2.1 Princípios econômicos que norteiam a questão de resíduos sólidos

O resíduo sólido urbano é assim denominado pois pressupõe-se que houve o consumo de alguma coisa na cidade e que, após o consumo do produto principal, sobraram outras partes, como embalagens e restos de alimentos, entre outras. Entretanto, esses subconsumos, ou resíduos, influenciam a vida de outros consumidores e produtores, já que interferem no meio ambiente e no bem-estar de outros indivíduos, diversos aqueles que consumiram o produto. Quando um produtor

ou consumidor influencia as atividades de produção ou de consumo de outros, de maneira que tal fato não esteja diretamente refletido nos preços de mercado, isso é definido como uma falha de mercado denominada externalidade. No caso dos RSUs, tem-se uma externalidade negativa, pois os resíduos gerados influenciam de forma não positiva a vida e o bem-estar das outras pessoas, ou seja, poluem o meio ambiente de outros agentes, externos ao mercado específico em que se deu a atividade de produção ou consumo geradora dos resíduos (PINDYCK, 1994).

De forma simplificada, tem-se que todo efeito no bem-estar de outras pessoas, no desempenho de empresas e na qualidade do meio ambiente é considerado externalidade: positiva, quando o comportamento de um indivíduo ou empresa beneficia involuntariamente os outros; negativa, quando tal comportamento prejudica os outros agentes (CONTADOR, 2000).

A principal característica da externalidade é que ela advém de mercados aos quais as pessoas não dão importância, e, dessa forma, inviável seria fixar preços para tais. Como exemplo, tem-se que não existiria mercado para música às três horas da manhã, nem para fumaça de charutos, nem para o vizinho que degrade o seu bonito jardim, sendo exatamente pela falta desses mercados que as externalidades causam problemas. Em contrapartida, a existência de externalidades permite que instituições sociais, como o sistema legal, ou intervenções do governo, possam “imitar” o mecanismo de mercado em algum grau, e assim tornar o mercado, como um todo, mais eficiente (VARIAN, 2006).

A principal escola das ciências econômicas que estuda as questões de relacionadas a Externalidades, Teoria do Bem-Estar e Meio Ambiente é a Escola Neoclássica.

### *2.1.1 Teoria Neoclássica da Poluição*

No final da década de 60 do século passado, a teoria econômica de tradição neoclássica não reconhecia que problemas ambientais pudessem interferir no funcionamento eficiente do mercado (MULLER, 2007). Pigou<sup>4</sup>, em 1932, trouxe elementos para a análise desse tipo de falhas, e denominou-as “externalidades”. A teoria neoclássica da poluição se utiliza dos modelos estáticos

---

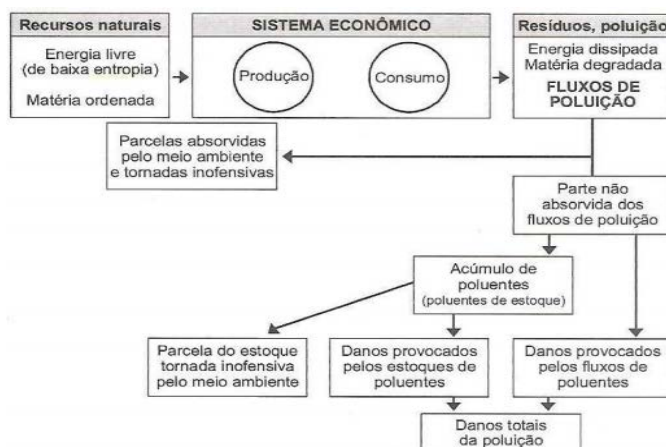
<sup>4</sup> Pigou desenvolveu o conceito de uma taxa, com intuito de afetar o comportamento dos agentes econômicos, afim de reparar os efeitos causados pelas externalidades negativas, e bonificar os efeitos das externalidades positivas. (PIGOU, 1932)

de equilíbrio geral competitivo, inserindo também os rejeitos do processo de produção e consumo na linha de externalidades de Pigou. Mueller (2007) inclui ainda no modelo de teoria neoclássica de poluição a existência de limitações de matérias e energia, e considera que o problema ambiental mais sério são as emissões de rejeitos e de poluentes no meio ambiente, com repercussões no bem-estar social.

Para Contador (2000), a poluição é apenas uma consequência, um subproduto desagradável da atividade econômica, com efeitos incômodos em outras pessoas e empresas. Já Mueller (2007) define a poluição como um nome genérico dado ao fluxo de dejetos gerados por um sistema econômico e descartados no meio ambiente, com efeitos danosos tanto sobre o bem-estar humano como sobre a sanidade e a estabilidade de sistemas ecológicos. O diagrama abaixo contribui para o entendimento dos fluxos de poluição gerados pelo sistema econômico.

A Teoria Neoclássica de Poluição dá maior importância aos danos totais da poluição e, conforme o diagrama de Mueller (2007), esses danos podem ser divididos em duas partes: danos provocados pelos fluxos de poluentes, que se dissipam, mas somente após causarem impactos negativos sobre o bem-estar da sociedade; e danos causados por fluxos e emissões que se acumulam, formando estoques de poluentes, como, por exemplo, os lixões e o gás carbônico acumulado na atmosfera.

Figura 1 - Diagrama de fluxo de poluição



Fonte: MUELLER (2007, p. 229).

Mueller (2007) afirma que a magnitude dos danos causados pela poluição depende da natureza e da intensidade da emissão de resíduos e rejeitos, bem como da resiliência do meio ambiente. Entende-se por resiliência do meio ambiente a capacidade que este tem de absorver a poluição e de se regenerar. Parte dos dejetos é absorvida pelo meio ambiente e tornada inofensiva, porém a parte não absorvida pode-se acumular, diminuindo o bem-estar da sociedade.

A resiliência do meio ambiente é recurso vital para a sociedade hoje, e, em economia, denomina-se essa resiliência como um bem público. Segundo Sousa (2012), os bens públicos puros constituem um exemplo extremo de externalidade. Um exemplo disso são os recursos comunitários, sobre os quais o direito de propriedade não pode ser individualizado, em razão de esse tipo de bem não ser divisível. Outra característica do bem público é o fato de o seu consumo não reduzir a quantidade disponível para o consumo de outros indivíduos. Além disso, o bem público não pode ser transferido de um indivíduo em particular para outro, ou seja, ele não pode ser utilizado privativamente, porque ele não é de propriedade privada, sendo a sua natureza de satisfação coletiva e social. Por isso, existe a dificuldade de estabelecer um preço para os bens públicos. Para Mueller (2007), o fato de a capacidade de absorção da poluição não ter um “dono” do qual se possa cobrar por ele impõe custos extremos à sociedade, uma vez que não há penalidades para os agentes econômicos – produtores e consumidores –, caso eles conduzam a poluição a níveis excessivamente elevados.

Pindyck (1994) define Bens Públicos como bens que sejam ao mesmo tempo não-rivais e não-excludentes. Uma mercadoria é considerada não-rival quando, para qualquer nível de produção, o seu custo marginal de mais um consumidor é zero. Quando não se consegue impedir que os indivíduos desfrutem daquele bem, esse bem é não-excludente. Percebe-se que a capacidade de resiliência do meio ambiente pode ser facilmente encaixada nessa definição.

Contador (2000) comenta que a externalidade é apenas um subproduto de uma atividade, e que não se deve confundir externalidade com bem coletivo. Externalidades ambientais, quando positivas, afetam um grande número de pessoas, mas vale lembrar que externalidades possuem um custo social inevitável ou evitável, enquanto, para o bem coletivo (ou bem público), o custo social evitável é zero.

Antes de entrar no debate de externalidade propriamente dita, necessário se faz citar Lelé (1991apudMUELLER, 2007.) que define desenvolvimento sustentável como uma ideia que agrada a todos, pois mantém o lucro dos empresários, aumenta a equidade desejada pela assistência social, contempla os agentes preocupados com a poluição e/ou com a preservação da natureza e o formulador de políticas que deseja maximizar o crescimento.

Em verdade, a noção de desenvolvimento sustentável é bem próxima do critério de eficiência de Pareto, como muito bem colocado por Mueller (2007.) Entender a questão do Ótimo de Pareto é muito importante, pois toda a teoria neoclássica é baseada na eficiência de Pareto. Supõe-se que exista um planejador onisciente que, conhecendo as funções-utilidade de todos os indivíduos e as funções de produção de todas as empresas da economia, bem como as demais informações relevantes, esteja em condições de fazer os cálculos necessários. O planejador pode maximizar uma utilidade de um dos indivíduos da sociedade, dadas as funções-utilidade de todas as outras pessoas, com a condição de que ninguém possa ter a utilidade total diminuída (MUELLER, 2007).

O autor argumenta, ainda, que tanto o conceito de desenvolvimento sustentável quanto o de Pareto Eficiente trazem a ideia de que todos podem vir a mudar de escolha para aumentar seu benefício, desde que nenhum outro indivíduo tenha alguma perda em seu bem-estar. E esse conceito é válido tanto para pobres quanto para ricos, tanto para os países desenvolvidos quanto para aqueles em desenvolvimento, tanto para a sociedade presente quanto para a futura. Todos devem ser contemplados para que uma melhoria seja considerada Pareto Eficiente.

### *2.1.2 Teoria das Externalidades – Poluição*

A externalidade positiva ocorre quando a ação de um agente econômico beneficia outro, sem que esse seja seu objetivo final. Para Mankiw (2007, p.815), esse tipo de externalidade existe quando “o valor social é maior que o valor privado”. Para Sousa (2012), um ótimo exemplo de externalidade positiva é a educação, porque não somente os estudantes se beneficiam com os estudos, mas também a sociedade, com indivíduos mais bem educados, sendo que essa melhoria não é contabilizada pelo mercado.

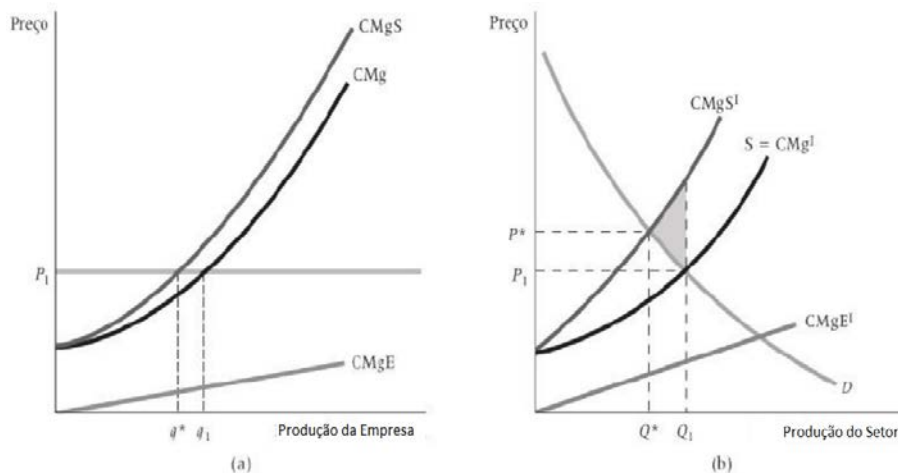
A educação contribui para melhorar os níveis de saúde de uma determinada população, bem como para reduzir a criminalidade. Todos esses benefícios indiretos da educação, por não serem precificados, não são computados nos benefícios privados. Portanto, os benefícios sociais são superiores aos benefícios privados, que incluem apenas as vantagens pessoais da educação, como, por exemplo, os salários obtidos em função do nível de escolaridade (SOUSA, 2012).

Um caso clássico de externalidade bastante recorrente na literatura é o caso do apicultor próximo a um bairro residencial. Os moradores daquele bairro serão agraciados por pomares mais produtivos e jardins mais floridos, por causa da atividade das abelhas. Ao mesmo tempo, o apicultor, sabendo das necessidades de suas colmeias, procura locais com muitos jardins e pomares, afim de aumentar sua produção de mel. Mas vale lembrar que os benefícios aos donos de jardins e pomares são involuntários e, *a priori*, não são contabilizados no negócio do apicultor (CONTADOR, 2000).

Esse exemplo dado por Contador também serve para exemplificar a definição de externalidade utilizada por Pindyck (1994), que a considera como efeitos das atividades de produção e consumo que não se refletem diretamente no mercado. Pindyck acrescenta que o preço da mercadoria, na presença de externalidade, não reflete seu preço social. Essa afirmativa fica mais clara no caso da existência de externalidades negativas (por exemplo, uma empresa poluidora), quando os custos marginais sociais ( $CM_gS$ ) são mais elevados do que os custos marginais privados ( $CM_g$ ). Isso se dá porque os  $CM_gS$  são a soma dos  $CM_g$  com os custos marginais externos ( $CM_gE$ ), inerentes à atividade poluidora. Na forma algébrica, tem-se  $CM_gS = CM_g + CM_gE$ .

Essa ideia, que não é tão trivial quanto parece, será usada no gráfico 1, reproduzido da obra de Pindyck (1994) para facilitar a compreensão do que são o custo marginal social ( $CM_gS$ ) e os custos marginais externos ( $CM_gE$ ).

Figura 2- Custo Externo da Poluição



Fonte: TAMISE (2014)

O gráfico acima apresenta uma situação de uma empresa poluidora em um mercado competitivo. O gráfico considera que as quantidades de insumos utilizadas para a produção da mercadoria final dessa empresa são fixas, ou seja, não é possível alterar as combinações de insumos de forma a diminuir a quantidade de poluição por produto. A curva  $CMg$  varia de acordo com a quantidade produzida, e o lucro da empresa é maximizado quando ela produz a quantidade  $Q_1$ , momento em que o  $CMg$  se iguala ao preço  $P_1$  e este, à receita marginal. Porém, como não se trata de um mercado competitivo puro, pois há externalidade negativa, à medida que a produção varia, o custo externo também varia, formando a curva  $CMgE$ . Esta última curva possui inclinação positiva, pois, quanto maior for o nível de produção, maior será o nível de poluição gerado pela empresa (PINDYCK, 1994).

De acordo com o gráfico (a), a empresa obtém maior lucro ao produzir a quantidade  $q_1$ , de modo tal que o preço é idêntico a  $CMg$ . A quantidade eficiente de produção é  $q^*$ , tal que o preço se iguala a  $CMgS$ . Já no gráfico (b), o nível de produção competitivo do setor é  $Q_1$ , situado no cruzamento entre a curva da oferta do setor,  $CMg^1$ , e a curva da demanda,  $D$ . Contudo, o nível de produção ótimo  $Q^*$  é inferior a  $Q_1$ , que, no gráfico, representa o cruzamento da curva da demanda,  $D$ , com a curva do custo marginal social,  $CMgS^1$  (PINDYCK, 1994).

Chama-se de custo social essa perda para a sociedade, representada pelo triângulo destacado no gráfico (b), entre  $CMgS^1$ ,  $D$  e a produção

$Q_1$ . Se nada for feito nesse setor, a empresa irá escolher a quantidade ótima para ela ( $Q_1$ ), e não a ótima social ( $Q^*$ ), gerando uma perda no bem-estar da sociedade (PINDYCK, 1994).

Infelizmente, se nada for feito, as empresas do setor poluente vão sempre produzir a quantidade ótima do mercado competitivo e o meio ambiente vai pagar o preço pelo desenvolvimento não sustentável, uma vez que haverá perda de bem-estar social. Portanto, é necessário que a sociedade, por meio de suas entidades e instituições, com o auxílio do governo, dê incentivos às empresas não poluidoras, afim de que elas diminuam as emissões de poluentes.

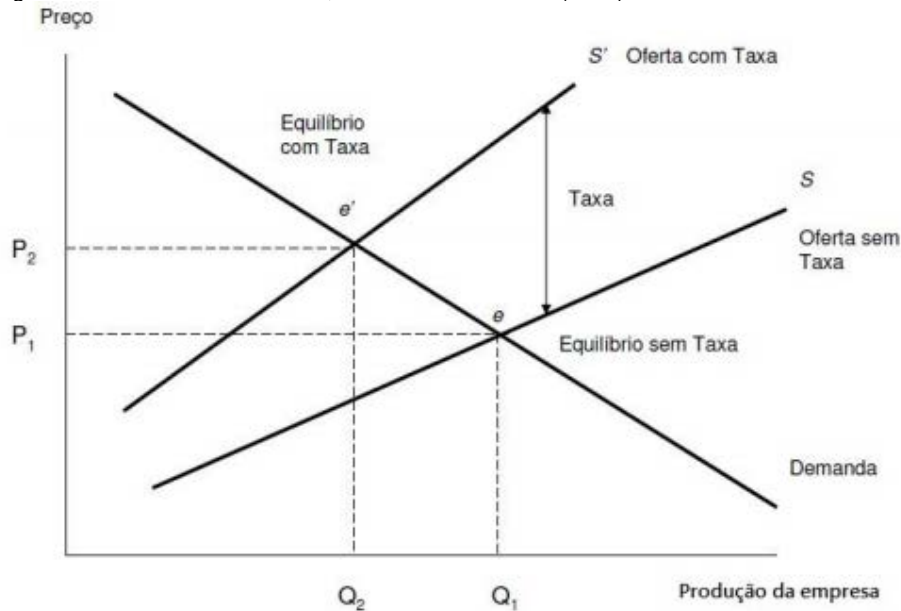
Uma das formas de se fazer isso, segundo Pindyck (1994), é estabelecer um padrão de emissão de poluentes, que constitua um limite legal para as empresas poluidoras, de forma que, caso seja ultrapassado esse limite, os agentes sejam multados e/ou condenados por tal infração. Com receio das pesadas sanções em caso de extrapolação do limite de emissão de poluentes, as empresas seriam “incentivadas” a instalar equipamentos para diminuir a poluição, providência essa que aumentaria seus custos médios de produção e, em consequência, diminuiria a demanda dos consumidores, levando a um equilíbrio mais próximo do ótimo social.

Outra forma possível para o governo buscar a diminuição do impacto da externalidade negativa seria estabelecer um imposto que taxasse as empresas poluidoras, de forma a compensar os indivíduos que sofram com essa externalidade. O imposto deve levar a curva da oferta de mercado para um ponto que aumente o bem-estar daquela sociedade.

O gráfico a seguir ilustra como um imposto pode afetar a quantidade produzida e o preço, alterando o equilíbrio de mercado, que passa de  $e$  para  $e'$ , aumentando o bem-estar dos indivíduos da sociedade considerada. Do ponto de vista da Eficiência de Pareto, a redução da quantidade produzida e o aumentado preço cobrado são efeitos positivos. O aumento de preço, embora possa parecer negativo do ponto de vista dos consumidores, nada mais é do que um desestímulo ao consumo de bens, para que sua produção ou consumo sejam menos poluidores. Além disso, o imposto estimula o mercado a procurar alternativas menos agressivas ao meio ambiente.



Figura 3 - Efeito da taxa na oferta, baseado em HARRIS (2005)



Fonte: HARRIS (2005) Capítulo 4 – Figura 3-2

A ideia de utilizar impostos afim de penalizar as empresas poluidoras e redistribuir essa receita em benefício da sociedade é validada pela teoria econômica neoclássica. O cerne da questão consiste em como taxar as empresas poluidoras e em como fiscalizar e garantir que as empresas poluam somente o que foi medido ou declarado. Tais questionamentos possuem difíceis respostas, pois necessário seria se criar uma metodologia que fosse, ao mesmo tempo, eficiente nas medições de poluição, de fácil fiscalização e de baixo custo. Infelizmente, costuma ser dispendioso verificar o consumo de bens públicos, como ar puro e qualidade da água, e esse *trade-off* entre custos de fiscalização e benefícios com os impostos e multas gerados, por vezes, inviabiliza essa solução.

Uma outra forma de reduzir o lançamento de poluentes é criar um mercado para a externalidade por meio de permissões transferíveis para emissões.

Sob este sistema cada empresa deverá possuir uma autorização específica com exatidão da quantidade de emissões que a empresa está autorizada a emitir, e qualquer empresa que faça emissões de poluentes e que não possua permissões torna-se sujeita a substanciais multas em moeda corrente. (PINDYCK, 1994, p. 856)

Já Varian (2006) assevera que o governo deve distribuir as permissões estabelecendo um critério limite de poluição, e, assim, as empresas que não investirem em produção mais limpa poderão adquirir permissões de outras empresas, almejando se isentarem das multas. Caso haja uma quantidade razoável de empresas e de permissões, poderá se desenvolver um mercado competitivo de autorizações, em que o preço de equilíbrio das permissões seja igual ao custo marginal de redução das emissões para todas as empresas. Isso aconteceria por motivos óbvios, visto que o agente poluidor iria comprar mais permissões para evitar as multas.

A criação do mercado de externalidades por meio das permissões transferíveis é uma das melhores alternativas para a poluição, porque a negociabilidade das permissões tem um baixo custo para que o governo consiga reduzir o lançamento de poluentes, assim como no caso do imposto. Além da vantagem de que será ele que determinará a quantidade de permissões existentes, facilitando o controle do limite de lançamento de poluentes (PINDYCK, 1994).

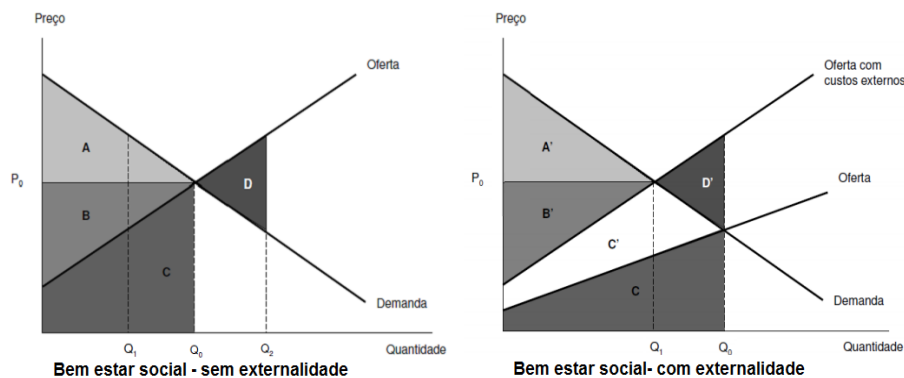
Demais disso, a teoria econômica do bem-estar mostra porque é socialmente preferível internalizar as externalidades. No gráfico abaixo, é possível observar as curvas de oferta e demanda que podem ser usadas para mensurar os benefícios e custos marginais. Segundo Harris (2005), a área sob a curva de demanda mostra o benefício total; e a área sob a curva de oferta mostra o custo total unidade comprada.

A curva de demanda mede o valor daquela unidade para os consumidores, enquanto a curva de oferta reflete o custo daquela unidade para os produtores. O valor total de  $Q_0$  unidades compradas é composto pelas áreas  $A + B + C$ ; já o custo total da produção é dado pela área  $C$ . O benefício social líquido da produção e consumo de  $Q_0$  é representado pelas áreas  $A+B$ , em que a parte  $A$  é o benefício social líquido dos consumidores, também chamado como excedente do consumidor; e a parte  $B$ , como excedente do produtor, calculado pela diferença entre os custos de produção e o preço de venda no ponto  $P_0$ .

O ponto  $Q_0$  representa o que os economistas chamam equilíbrio de mercado eficiente, porque ele maximiza o benefício líquido social. Esse ponto é o ótimo de Pareto e, por isso, se a produção for menor ou maior do que  $Q_0$  unidades, o benefício líquido será menor do que em  $Q_0$ . Em  $Q_1$ , por exemplo, o benefício líquido é apenas parte da área  $A + B$ ; em  $Q_2$ , o benefício líquido será  $A + B$ , mas haverá

uma perda social líquida mostrada, correspondente à área D. O benefício social geral em  $Q_2$ , então, seria  $A + B - D$ , uma quantidade menor do que em  $Q_0$ .

Figura 3 - Efeito da taxa sobre o bem-estar social



Fonte: HARRIS (2005) Capítulo 4 – Figura 3-5 e 3-6

No segundo gráfico, o de bem-estar social com externalidade, o agrupamento dos custos privados e externos cria uma terceira curva, a de custo social,  $S'$ , que se situará acima da curva de oferta. HARRIS (2005) explica que o equilíbrio de mercado  $Q_0$  não maximiza o benefício social líquido, porque, com a entrada da curva de custo social, o custo total se eleva. Assim, o bem-estar social estaria melhor, diminuindo-se a produção para  $Q_1$ , evitando a perda social líquida  $D'$ . Com a entrada de custos sociais, o mercado se ajusta naturalmente para  $Q_1$ , assim como no caso de cobrança de imposto sobre poluição. HARRIS (2005, p. 9) salienta, ainda:

“que a área  $C' + D'$  sugere que o custo total de poluição no ponto  $Q_0$ , mas deste custo total, apenas  $D'$  é considerado perda social líquida. De acordo com essa análise, algum custo de poluição é justificável, desde que sejam superados pelos benefícios sociais de produção. Apenas quando os custos combinados de produção e de poluição forem ajustados ( $C + C' + D'$ ) de forma a aumentá-los acima dos benefícios mostrados pela curva de demanda, se justificaria produzir poluição em “excesso”.

O exemplo anterior leva a um debate sobre qual seria o nível ótimo de poluição. Para muitos indivíduos, o nível de poluição ótimo seria zero. Mas tal pensamento tem como consequência o fim da produção, pois, com as tecnologias hodiernas, o consumo e/ou produção ainda geram muitos resíduos. Logo, cabe à sociedade, por meio de suas entidades e instituições, estabelecer o nível de

poluição aceitável para que a produção e o consumo possam se adequar a esse nível.

### 3 ANÁLISE CUSTO *VERSUS* BENEFÍCIO DA USINA DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Neste capítulo, será tratado o projeto de usina de tratamento, o qual foi idealizado em cenário compatível com a PNRS. A análise realizada teve como foco o desempenho econômico-financeiro, mas não deixou de abarcar tópicos como sustentabilidade, reciclagem e minimização do impacto ao meio ambiente, já que esses aspectos vão ao encontro da finalidade da usina, razão por que serão comentados com frequência. Serão comentadas, ainda, as contribuições que os projetos propõem para redução das emissões de GEE e aumento da eficiência energética, tratamento de recicláveis, geração de biofertilizantes e incineração de RSUs.

Todos os processos e resíduos gerados estão em conformidade com as exigências legais estipuladas na PNRS, principalmente quanto aos resíduos sólidos categorizados como classe II – resíduos não perigosos, podendo, ainda, serem tratados os resíduos de serviços de saúde (RSS). Além disso, o projeto atende, também, a todas as legislações estaduais e municipais quanto ao lançamento de materiais particulados na atmosfera, podendo-se inclusive tratar o efluente de redes públicas e/ou corpos hídricos.

No projeto, que propõe preservar o solo, a água e o ar atmosférico, todo o processo acontece de forma sustentável, limpa e sem a geração de resíduos tóxicos. A usina trata todo o chorume<sup>5</sup>, sem causar mau cheiro, e aproveita seu potencial energético. O projeto é modular, para se adaptar facilmente a cada região e às características variadas de cada tipo de resíduo gerado, de acordo com hábitos e costumes de cada local.

A usina em questão possui uma alta eficiência no processo de tratamento de RSUs, pois a parte orgânica vai para os biodigestores anaeróbicos, que produzem menos lodo e usam menos energia, possibilitando, ainda, que 95% de água seja reutilizada; e os resíduos inorgânicos seguem para reciclagem, reúso, reutilização ou incineração.

---

<sup>5</sup> Chorume produto da putrefação da matéria orgânica presente no lixo, é um líquido de cor escura odor forte e desagradável, que pode contaminar o solo e as águas superficiais ou subterrâneas, é um ambiente propício para agentes transmissores de doenças. Também contribui para a formação de CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, gases tóxicos, asfixiantes e explosivos, que podem se acumular no subsolo, ou serem lançados na atmosfera. Gouveia (2010).

A usina em análise proporciona uma série de benefícios à sociedade em comparação às outras formas de manejo de RSUs. Porém, o custo dessa modalidade de tratamento requer uma escala razoável para ser implementada, tendo como base a população a ser beneficiada. Para fins dessa pesquisa, utilizam-se três tamanhos de usinas, variando de acordo com a quantidade de habitantes em cada núcleo urbano – bairro, município e cidade (núcleos de 50, 100 ou 400 mil habitantes).

Além da diferenciação por escala para fins de cálculos de Valor Presente Líquido<sup>6</sup> (VPL) e Taxa Interna de Retorno<sup>7</sup> (TIR), também foram utilizados outros parâmetros, tais como: a) existência, ou não, de receita com tratamento de resíduos de serviços de saúde (RSS); b) doação, ou não, dos recicláveis para as cooperativas de catadores de lixo; c) inclusão da receita de RSS e recicláveis aos cálculos de VPL e TIR. Além das diferenciações dessas receitas, foi realizado um cálculo de fluxo de caixa do projeto e outro fluxo para o acionista (empresário).

Quanto aos RSS na análise de projeto da usina, estes ingressam em complementaridade nas receitas, uma vez que a infraestrutura instalada já atende a essa demanda sem acarretar custos adicionais (CONTADOR, 2000).

A diferenciação apresentada quanto ao fluxo de caixa do projeto e o fluxo de caixa para o acionista separa as questões do ponto de vista social e do ponto de vista privado. Segundo os padrões de classificação de Contador (2000), a usina estaria entre as classificações I ou III. Do ponto de vista da sociedade como um todo, independentemente da escala, todos os projetos são viáveis. Porém, no que tange ao aspecto financeiro ou privado, alguns projetos não são “viáveis” em termos de VPL e TIR. Para os projetos “não viáveis” do tipo III, é indicado que governos e estados estimulem os empresários a implantá-los por meio de subsídios e isenções fiscais.

---

<sup>6</sup> VPL é um critério mais rigoroso é isento de falhas técnicas, correspondente à soma algébrica dos valores dos fluxos de um projeto, atualizados à taxa de desconto. O projeto será viável se apresentar um VPL positivo e, no caso de escolha entre projetos alternativos, a preferência é pelo projeto que apresentar maior VPL positivo. (CONTADOR, 2000).

<sup>7</sup> TIR é a taxa de juros que iguala a zero o valor presente do projeto. O projeto é viável caso a taxa interna de retorno seja superior ao custo de oportunidade dos recursos para implantação dos projetos. (CONTADOR, 2000. p. 52).

### 3.1 Descrição dos processos da usina

Para um melhor entendimento da funcionalidade das usinas ora debatidas e para uma melhor elucidação dos custos delas advindos, descrevem-se, abaixo, as etapas de tratamento dos resíduos, também presentes no fluxograma contido no anexo I da presente pesquisa.

A primeira etapa do processo acontece logo na portaria central, onde se faz o controle de acesso e pesagem de todos os caminhões que entram na usina por meio de tíquetes eletrônicos. Cada tíquete contém as informações sobre a coleta de resíduos, tais como local da coleta, tipo de resíduos, periculosidade etc.

A segunda etapa do processo é a plataforma de transbordo, onde é realizada a separação dos resíduos sólidos de classe I em orgânicos (materiais conversíveis em adubos ou gases) ou inorgânicos recicláveis (papel, vidro, plástico, alumínio, isopor etc.). Os recicláveis seguem para triagem por meio de esteiras automáticas, ou segregação manual, ressaltando-se que o processo objetiva minimizar o contato humano com os resíduos. Nas esteiras, ainda há presença de alguns resíduos inorgânicos não recicláveis, como absorventes e fraldas descartáveis, que são encaminhados para incineração.

Os recicláveis são separados conforme a constituição de cada material, subdivididos em: termoplásticos, metais ferrosos, metais não ferrosos, papel, papelão, vidro, isopor e outros. O próximo processo, que varia de acordo com o tipo do material reciclável, inclui etapas de higienização por água quente, prensa, trituração, embalagem e armazenamento. Após essas etapas, os recicláveis estão prontos para serem vendidos diretamente à indústria ou serem doados para as cooperativas de catadores, em obediência à PNRS e à legislação pertinente.

A fração orgânica segue para os trituradores e, depois, para os biodigestores anaeróbicos. Há uma série de vantagens na utilização desse tipo de biodigestor, como a baixa produção de lodo (de 5 a 10 vezes menor que a dos digestores aeróbicos); a ausência de consumo de energia elétrica, uma vez que ele dispensa o uso de bombas, aeradores, válvulas solenoides e painéis elétricos; e baixa demanda por área, reduzindo o custo de implantação.

Os biodigestores são uma espécie de câmara revestida por uma lona plástica resistente e térmica que auxilia na regulação da temperatura interna. Eles são construídos dentro de poços de concreto, sobre mantas impermeabilizadas,

para que, em eventual caso de vazamento através das lonas, o substrato orgânico não tenha contato com o solo.

Nos biodigestores, são gerados os biogases, que consistem em uma mistura de diversos gases, entre eles o metano e o gás carbônico. Segundo os estudos de Barreira (2011) para cada 20 kg de RSUs, há uma produção de metano ( $\text{CH}_4$ ) de  $1 \text{ Nm}^3$ . Todo o gás gerado passa por um sistema de filtragem para eliminação do enxofre e por um medidor que verifica a vazão desse gás para fins de geração de crédito de carbono.

Posteriormente, o metano tem dois destinos, o primeiro deles será queima em *flare* clausurado (espécie de incinerador), conforme norma do CONAMA, garantindo que a emissão atmosférica esteja limpa e de acordo com as normas legais, não afetando a vizinhança com mau cheiro. A segunda parte é direcionada para os geradores de energia elétrica, para a produção de energia limpa e renovável. A energia gerada é mais que suficiente para o consumo da usina, e o restante pode ser vendido para concessionárias de energia elétrica locais, gerando receita adicional ao projeto.

O resíduo dos biodigestores é uma massa pastosa que segue para o decantador. No sistema de decantação, a parte líquida passa por um sistema de filtro de área, que separa grande parte da água a ser tratada, e o restante segue para ser armazenado no tanque de biofertilizantes líquidos. A outra parte, mais densa, segue para um granulador, que segrega a parte líquida para os tanques de biofertilizantes e a parte sólida para o secador. O secador tira o alto teor de umidade da massa, deixando-a mais homogênea e potencializando a dispersão dos micronutrientes quando eles forem aplicados no solo. Toda a transformação do resíduo orgânico em biofertilizante sólido e biofertilizante líquido atende as normas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Os biofertilizantes são um subproduto importante para a agricultura, por possuírem alta concentração de nitrogênio e baixa concentração de carbono (BEZERRA, 2012). A liberação de carbono ocorre no biodigestor durante a dissociação dos elementos  $\text{CO}_2$  e  $\text{CH}_4$ , produzindo um biofertilizante rico em nutrientes e de baixo custo. Os biofertilizantes não geram problemas referentes à salinização do solo, e acarretam níveis de desestruturação do solo muito menores que aqueles provocados pelo uso de fertilizantes químicos.



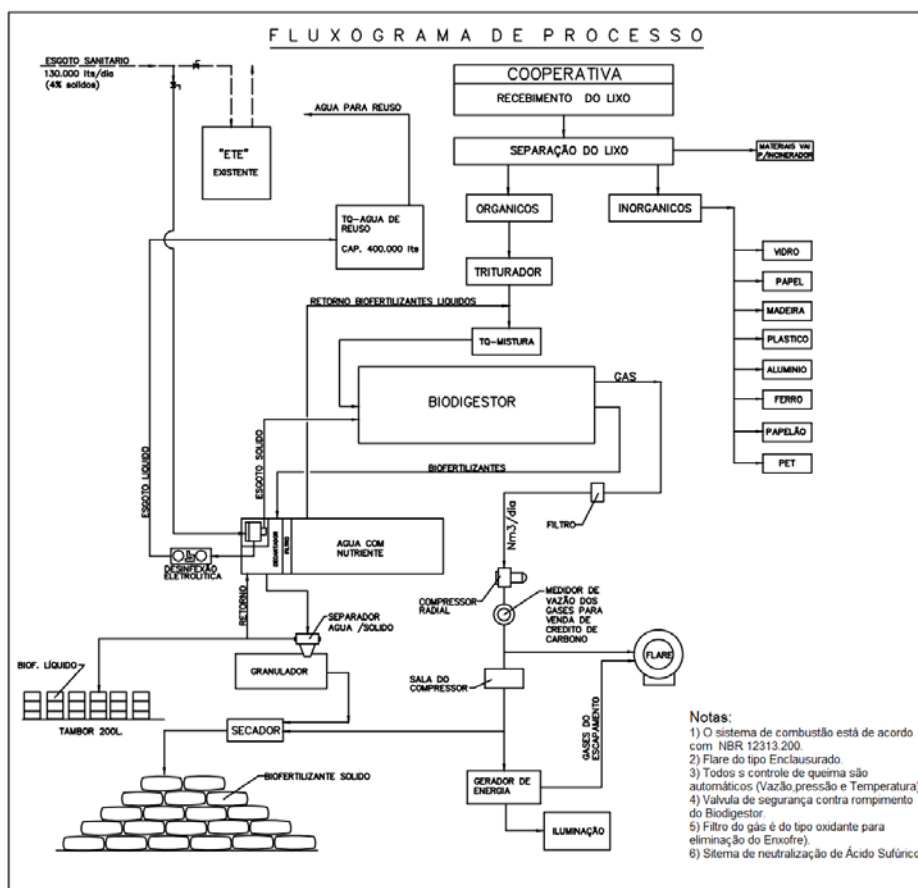
Após esses procedimentos, é possível reutilizar 90% da água. Vale, aqui, destacar que a usina não tem como objetivo principal o tratamento de resíduos líquidos, mas, dependendo da necessidade, pode ser adaptada sem grandes custos adicionais para que também trate o esgoto gerado por pequenos núcleos urbanos. Somente a título de informação, cumpre esclarecer que foram desconsideradas nos cálculos de rentabilidade do projeto as questões de saneamento de resíduos líquidos, primeiro por não constituir objetivo do presente trabalho, segundo devido às dificuldades, na aferição de receitas, em se valorar os processos licitatórios envolvidos.

Por fim, todos os resíduos que não possam seguir para o biodigestor e não sejam passíveis de reciclagem, reúso ou reutilização seguem para o incinerador. Esses resíduos são classificados como rejeitos na Lei n.º 12.305/2010, precisamente no artigo 3.º, inciso XV: “resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada.” As fraldas descartáveis e os absorventes são exemplos de rejeitos que saem da plataforma de transbordo ou das peneiras rotativas e são encaminhados ao incinerador. Após incineração dos rejeitos, as cinzas inertes resultantes desse processo seguem para o biodigestor, afim de serem transformadas em biofertilizantes (BRASIL, 2010).

O projeto contempla também instalações independentes, como prédio de vestiários, sanitários, local para refeições, área de descanso e demais construções que forem necessárias para atender a demanda local em sua totalidade, no que tange aos serviços de tratamento de RSUs. Há, por exemplo, a possibilidade de recebimento de material produzido na poda de árvores, resíduos de restaurantes e lanchonetes, entre outros de origem orgânica. Mesmo que esses materiais estejam misturados com material reciclado, ao passarem pela plataforma de transbordo, ou na área de triagem da cooperativa, eles serão separados para terem a destinação correta. O projeto poderá ter vida útil ilimitada, por ser autossustentável, a depender da conservação das instalações.

[A1] Comentário: Vale a pena ser citado no cap. 3 na parte do incinerador da usina

Figura 4 - Fluxograma das usinas



Fonte: Empresa detentora do projeto

### 3.2 Análise Financeira

Antes de entrar nos detalhes dos cálculos de rentabilidade e viabilidade do projeto, é importante saber o quanto o Brasil gasta no tratamento de RSUs. A média brasileira de gasto é de R\$3,63/habitante/mês, segundo os dados da ABRELPE (2014). Segundo o Panorama 2013, esse custo por habitante/mês refere-se à coleta e ao tratamento de RSU, sendo a região com maior gasto de RSUs a Sudeste, com custo por habitante de R\$4,48/mês. Em contraponto, a região

Nordeste é a que possui menor custo: R\$2,78/habitante/mês, seguida da região Centro-Oeste, com R\$3,02/habitante/mês.

A tabela 1 mostra o quanto foi aplicado em coleta e tratamento de resíduos sólidos nas regiões brasileiras nos anos de 2012 e 2013. Cumpre esclarecer, entretanto, que não há dados disponíveis sobre o custo de tratamento de resíduos sólidos se incluir nesse custo o custo da coleta, em que pese o presente trabalho ter como fim somente a análise de custos de tratamento. Dessa forma, os dados apresentados têm caráter elucidativo, servindo como parâmetro de comparação entre os custos a serem demonstrados.

Tabela 1 - Recursos aplicados em RSU e custo por habitante/mês nos anos de 2012 e 2013

Região	2012		2013	
	recursos aplicados na coleta RSU (R\$ milhões/ano)	equivalente por habitante (R\$/mês)	recursos aplicados na coleta RSU (R\$ milhões/ano)	equivalente por habitante (R\$/mês)
Norte	608	3,09	636	3,11
Nordeste	1.708	2,64	1.864	2,78
Centro-oeste	511	2,95	544	3,02
Sudeste	4.245	4,33	4.541	4,48
Sul	1.095	3,29	1.179	3,41
<b>Brasil</b>	<b>8.167</b>	<b>3,50</b>	<b>8.764</b>	<b>3,63</b>

Fonte: Panorama ABRELPE 2013 e IBGE, com modificações.

Em que pese os dados acima terem sido apresentados no formato habitante/mês, em âmbito mundial é mais comum os dados serem apresentados em termos de habitante/ano.

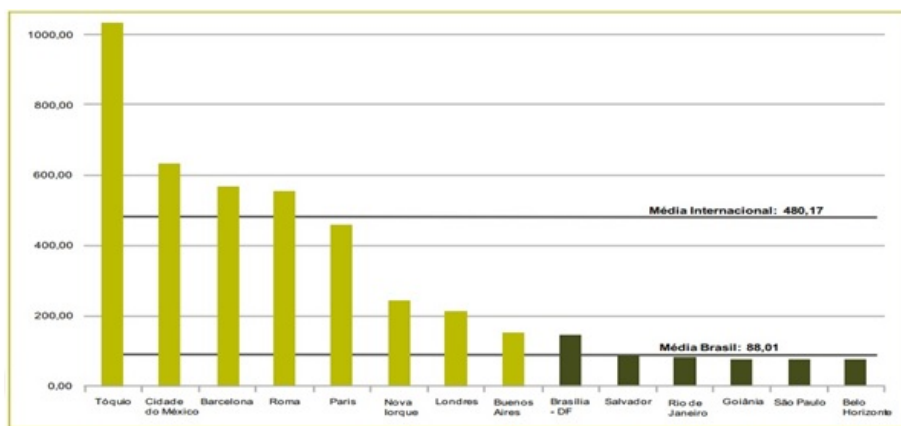
O estudo realizado pela PwC, SELUR e ABLP (2011) É 2011 ou 2012??? Veja final da página 17) demonstra o custo tido por algumas cidades do mundo e o compara com o de algumas cidades brasileiras. A título de exemplo, em R\$/habitante/ano, Tóquio gasta cerca de 1.030; Cidade do México, 630; Nova York, 230; Londres, 210; Brasília, 144,45; Salvador, 84,99; São Paulo, 73,63.

A média anual de gastos com o tratamento de RSU em R\$/habitante/ano brasileira é de 88,01, enquanto a internacional está em 480,17. A disparidade é grande, o que demonstra que há muito a se fazer para mudar esse quadro. Portanto, é primordial que os governos entendam que a quantidade de

recurso que é investida no setor hoje está muito aquém do quanto deveríamos investir, e isso tem reflexos na qualidade e nos tipos serviços prestados.

Vale lembrar que os dados acima apresentados revelam que a produção média de RSUs brasileira é de 1,041 kg/habitante/dia e que, segundo a expectativa do relatório produzido por Daniel e Perinaz (2012), o Brasil, juntamente com a América Latina e o Caribe, sairá de 1,1 kg/per capita/dia) para 1,6 kg/per capita/dia até o ano de 2025.

Figura 5- Gastos com RSU per capita em metrópoles globais



Fonte: PWC, pelo SELUR e ABLP (2011)

### 3.2.1 Dados utilizados nos cálculos de VPL e TIR

O desempenho econômico-financeiro foi obtido para empreendimentos idealizados para atender as ofertas de 50, 100 e 400 t diárias de RSUs. Os projetos foram avaliados por meio do cálculo de seu VPL e da sua TIR. A taxa de juros utilizada nos cálculos foi de 10% ao ano, e os fluxos de caixa foram analisados para o período de 30 anos de operação, embora a usina possa durar mais tempo, desde que seja mantida em bom estado de conservação.

Uma prática comum nesse tipo de prestação de serviço é estabelecer em contrato ajustes de preços anuais, e, para isso, o índice mais usado é IGP-M. Para fins dessa análise, a taxa de inflação utilizada foi de 5% a.a. Também foi estabelecido, para fins de cálculo de VPL, que o ano zero consolida todo o

investimento. A rigor, os prazos para a implantação de projetos de usina de RSUs podem diferir em anos, mudando de acordo com o ambiente regulatório; as características das áreas para instalações de tratamento de RSU; a disponibilidade de recursos para empreendimentos desse segmento; e outros fatores locais, como a saturação das bacias aéreas para determinados poluentes, ou restrições ao lançamento de efluentes líquidos e sólidos.

Os orçamentos de instalação e os custos operacionais e de manutenção foram cedidos pela empresa detentora da patente dos projetos. Os dados de gravimetria dos RSUs, assim como a quantidade de produção de biogás ( $\text{CH}_4$ ), foram cedidos pela empresa, e, a partir deles, foram construídos todos os cálculos econômicos e financeiros.

A parte de engenharia, bem como os processos químicos e biológicos utilizados nos biodigestores e no tratamento de água, não serão abordados nessa pesquisa, pois são segredos industriais patenteados e não são o enfoque do presentetrabalho.

O financiamento foi calculado com as taxas do BNDES, bem como seus prazos e carências, sem incluir *spreads* de eventuais agentes operacionais. Também não foram considerados os custos financeiros com os empréstimos ponte, ou de capital de giro, comuns em empreendimentos dessa escala. Foi utilizada taxa para financiamento de projetos de infraestrutura {taxa de juros= TJLP (em média, 5% a.a.) + remuneração básica BNDES (1%) + taxa de risco de crédito (1%) = 7% a.a.}, considerando-se que o financiamento tenha a duração de 20 anos. Foi adotado, por hipótese, que 100% do valor do investimento será financiado, com carência de um ano, nessas condições de taxas e prazos.

Os custos com aquisição de terrenos não foram considerados, uma vez que dependem da localidade, podendo essas áreas ser concedidas pelas prefeituras e municípios.

### 3.2.2 *Investimento inicial*

Afim de uma melhor exposição do tema, os custos de implantação foram divididos em duas partes: investimentos iniciais e de implantação. Os investimentos iniciais contemplam os estudos de viabilidade técnica, como gravimetria e demais estudos de saneamento; viabilidade econômica e social;

pesquisas jurídicas nos âmbitos licitatório e contratual; infraestrutura básica, nivelamento e isolamento da área destinada ao projeto. Os custos de implantação são os de pavimentação, instalação das redes elétricas, hidráulicas e de gás; construção dos biodigestores; estação de tratamento de água; aquisição e instalação de equipamentos, entre outros. Para facilitar a comparação dos custos de implantação das usinas em diferentes escalas, foi usada a tabela 2, que mostra os diversos custos para cada tipo de usina.

### 3.2.3 Custos iniciais

Os custos iniciais das usinas envolvem estudos de viabilidade técnica e econômica, pesquisas jurídicas e contratuais, bem como estudos de processo e infraestrutura básica.

O aspecto jurídico é importante, pois existem várias particularidades em cada região administrativa no Brasil, devendo o projeto contemplar todas elas, observando a Lei Federal n.º 12.305/2010. Um fator delicado nesse tipo de projeto são as licitações. Por terem muitas particularidades, é necessária uma equipe jurídica especializada e experiente para adequar todos os contratos de prestação de serviços, os quais têm de ser criteriosos e bem detalhados.

Nos estudos de viabilidade técnica, são estimadas as gerações de resíduos sólidos, ou líquidos, a depender do tipo de usina. A pesquisa de gravimetria da região está relacionada com questões de nível de renda, hábitos alimentares e projeções de crescimento e/ou amadurecimento do núcleo urbano. Os resíduos revelam particularidades sobre os hábitos de uma sociedade, e isso deve ser estimado com precisão, a fim de se minimizarem os erros, que podem ocorrer ao longo dos 30 anos de duração do projeto.

Estudos de viabilidade financeira e econômica são cruciais para se equalizar a escala com os custos do projeto, determinando se será viável ou não a implantação da usina, dadas as estimativas das futuras gerações de RSUs e as características desses resíduos. Uma sociedade ecologicamente positiva, com alto índice de compostagem nas residências e de higienização e separação dos recicláveis, inviabilizaria a implantação da usina, uma vez que, de acordo com a atual legislação, todo resíduo reciclável deve ser doado às cooperativas e a

quantidade de resíduos orgânicos possivelmente não seria suficiente para cobrir todos os custos de manutenção e implantação e de risco do negócio.

A parte de infraestrutura básica está relacionada com os custos de análise do solo, escavações, fundações, construção de guarita e canteiro de obras, portões de acesso, além de isolamento e nivelamento da área de dois hectares (20.000 m<sup>2</sup>), independentemente da escala do projeto. O nivelamento do terreno tem várias especificações, a fim de satisfazer necessidades como a melhor ergonomia dos trabalhadores e o fato de determinados processos demandarem níveis distintos, para que sejam mais econômicos e ágeis, entre outros aspectos.

Tabela 2 - Valores do investimento nas usinas

<b>Valores do investimento nas usinas (R\$)</b>			
	50 t/dia	100 t/dia	400 t/dia
<b>Investimento Inicial</b>	<b>20.000.000</b>	<b>25.000.000</b>	<b>40.000.000</b>
Pré-implantação	<b>1.600.000</b>	<b>2.000.000</b>	<b>3.200.000</b>
Infraestrutura básica	600.000	750.000	1.200.000
Estudos de viabilidade (técnica, legal, econômica e socioambiental)	1.000.000	1.250.000	2.000.000
<b>Implantação</b>	<b>18.400.000</b>	<b>23.000.000</b>	<b>36.800.000</b>
Alvenaria	2.600.000	3.250.000	5.200.000
Redes (hidráulica, elétrica, de gás e pneumática)	1.100.000	1.375.000	2.200.000
Biodigestores	5.920.000	7.400.000	11.840.000
Equipamentos (instalação e aquisição)	6.980.000	8.725.000	13.960.000
Diversos	1.000.000	1.250.000	2.000.000
Mão de obra e instalação de equipamentos	800.000	1.000.000	1.600.000

Fonte: próprio autor, baseado nos dados da empresa detentora dos projetos

Uma conta interessante é o quanto cada um desses investimentos custa *percapita*. Na usina de 50 t, o investimento corresponde a R\$ 360,00 por habitante, ou R\$ 13,33/ano ao longo de 30 anos. A usina de 100 t custa R\$ 250,00 por habitante, ou R\$ 8,33/ano durante a vida útil considerada para a usina. Já a de 400 t apresenta o menor custo *percapita*, sendo este de R\$ 100,00. Por questões de escala, essa usina é a mais recomendável, com custo anual de investimento de apenas R\$ 3,33 por habitante ao longo dos seus 30 anos de funcionamento.

#### 3.2.4 Custos de implantação

Uma vez decidido que o projeto será executado, a construção das usinas leva cerca seis meses, sendo que os processos mais demorados são a construção dos biodigestores e as instalações elétricas e hidráulicas. Os maiores custos são os dos biodigestores, representando 296% do custo total do projeto, seguido dos equipamentos, que representam 29%. Os principais equipamentos são: misturador e granulador de biofertilizantes, geradores de energia, compressores e bombas, forno rotativo e granulador de biofertilizantes. Todos estes juntos representam 16% do custo total do projeto.

A parte de alvenaria envolve custos desde fundação, pisos e revestimentos até a cobertura. As principais construções de alvenaria da usina representam 9% do orçamento do projeto, e são elas: o prédio para a sede administrativa, com centro de convivência, refeitório e vestiários para os funcionários; três galpões, um para alocar as esteiras de segregação dos resíduos recicláveis; outro para armazenamento dos recicláveis; e um outro para estocar os biofertilizantes.

Ainda na parte de alvenaria, são realizados, tanto na construção do biodigestor quanto na estação de tratamento de água, processos de impermeabilização do solo e edificação de grandes tanques, a fim de evitar que possíveis vazamentos venham a contaminar o solo. No total, são três grandes tanques, dos quais o menor deles é o tanque de decantação, que representa um desembolso de 2% do orçamento, utilizado no processo de separação dos biofertilizantes.

As redes pneumática e de gás, juntas, custam 0,5%, enquanto a rede hidráulica custa 1%, gastos estes relativamente baixos tendo em vista as proporções dos projetos. Já o custo da rede elétrica, que é mais dispendiosa, equivale a cerca de 2% do projeto.

Outros dois custos que merecem destaque são o sistema de combustão do *flare* do forno, responsável pela incineração dos resíduos, e por 1% do orçamento, e o sistema de tratamento de esgoto eletrolítico, um dos responsáveis por manter a taxa de reúso de recursos hídricos a 95%, que consome 5% do orçamento.



Todos os custos acima somados representam 79,1% do custo do projeto e os gastos com mão de obra são cerca 16%. Vale ressaltar que os custos de mão de obra diferem muito de acordo com a localidade, podendo alterar significativamente os custos de implantação.

### 3.2.5 Custos anuais

Para facilitar a comparação das escalas do projeto, foi elaborada a tabela 3, com os custos operacionais das usinas de 50, 100 e 400 t. Os parágrafos subsequentes explicam com mais detalhes os custos mais expressivos, afim de complementar os dados da tabela.

Os projetos são para prestação de serviço, esse tipo de serviço ainda demanda muita mão de obra; portanto, não surpreende que esse seja o maior custo operacional do projeto. Para os modelos sem coleta dos RSS, cerca de 75% do custo corresponde exclusivamente a mão de obra; já nos modelos que incluem a coleta dos RSS, esse custo cai para cerca de 65%.

Em um cenário ideal, sem restrições financeiras, é possível realizar o manejo de RSUs sem contato humano com os resíduos, mas, nesse caso, trata-se de projetos de capital intensivo, como a usina em Nova de York, que custou 600 milhões de dólares. A realidade brasileira, no entanto, é diferente, e o uso do trabalho humano é necessário, pois, com a substituição dele por máquinas, a separação dos resíduos encareceria demasiadamente o projeto. De qualquer forma, as esteiras automáticas contribuem para diminuição do contato humano e reduzem a demanda por trabalhadores, tornando o processo de separação mais e ágil e eficiente.

O segundo maior custo é o benefício e despesas indiretas – BDI, que é prática comum no caso de terceirização dos serviços. Segundo Da Silva et al (2014), para determinar os preços nas licitações de RSUs, é necessário calcular os custos diretos, acrescentando-se a taxa de BDI, que cubram os gastos com a administração central da empresa, com as prestações de serviços, as terceirizadas, os impostos, os gastos com escritório, telefonia e serviços de dados, entre outros. No caso da usina, os encargos trabalhistas incidiriam no BDI, porém, para fins de análise, os impostos que incidem sobre as receitas e lucros, como ISS, PIS, CONFINS, IR e CSLL, não foram incluídos no BDI, mas, sim, incluídos diretamente

no fluxo de caixa, e não no custo operacional. E, mesmo que esses impostos sejam desconsiderados, o BDI representa 16,67% do custo operacional.

O terceiro maior gasto são as despesas com refeições dos funcionários, que representam cerca de 7% dos custos anuais para os casos de usina sem coleta de RSS, e de aproximadamente 5%, para os casos que incluam a coleta desse tipo de resíduos.

Nas plantas que incluem os RSS, os gastos operacionais são basicamente os custos de logística e incineração, o que representa 11,5% do custo anual na usina de 400t, e de 9,7% no custo da usina de 50t. O custo de manutenção dos incineradores corresponde a 5% do orçamento anual.

Os demais gastos são: manutenção dos incineradores e peneiras; manutenção dos biodigestores e dos veículos; despesas com os prédios (civil); tratamento de água; rede hidráulica; prensas hidráulicas; equipamentos de segurança; telefonia e Internet; geradores; e gastos gerais (material escritório, limpeza etc.).

Tendo em vista as proporções do projeto, foi acrescentada uma reserva de capital para reformas no montante de 1% do valor de investimento inicial, a cada 5 anos, corrigido pelo IGP-M. Em geral, os componentes da usina têm vida útil longa, podendo, em alguns casos, durar mais do que os 30 anos previstos. Todavia, por precaução, é realizada essa reserva para a troca de equipamentos e eventuais reformas.

Tabela 3 - Custos operacionais no primeiro ano

<b>Custos operacionais no primeiro ano (R\$)</b>			
<b>Descrição</b>	<b>50 t</b>	<b>100 t</b>	<b>400 t</b>
Mão de obra	720.000	1.026.000	4.617.000
BDI (20%) {gerenciamento, administração, tributos etc.}	165.672	231.312	1.012.512
Refeições	67.800	90.000	405.000
<b>Total (sem RSS)</b>	<b>994.032</b>	<b>1.387.872</b>	<b>6.075.072</b>
<b>Hospitalar</b>			
manutenção	41.232	123.696	494.784
Mão de obra	137.440	412.320	1.649.280
Gastos operacionais	96.208	288.624	1.154.496
BDI (20%) {gerenciamento, administração, tributos etc.}	54.976	164.928	659.712
Subtotal do RSS	329.856	989.568	3.958.272
<b>Total com tratamento de RSS</b>	<b>841.392</b>	<b>2.377.440</b>	<b>10.033.344</b>

Fonte: próprio autor, baseado nos dados da empresa detentora dos projetos

### 3.2.6 Composição das receitas

Os projetos têm quatro principais fontes de renda, sendo que as receitas auferidas são decorrentes das vendas de biofertilizantes líquido e sólido, das vendas de energia elétrica e do transbordo (taxa cobrada para tratamento dos resíduos orgânicos). A depender do caso em questão, outras duas receitas são possíveis: a venda de recicláveis e a de tratamento de RSS.

Outra possível fonte de renda seria a venda de crédito de carbono, mas esta foi desconsiderada nos cálculos por ser pouco significativa. Segundo estudo do BNDES (2013), no Brasil, o valor médio auferido pelo tratamento de GEE nos aterros sanitários é de R\$0,08/Nm<sup>3</sup>. Nesse preço, a receita estimada na usina de 400t resultaria em um faturamento de R\$ 8.640,00 por ano, que corresponderia a apenas 0,078% da receita anual.

Parte dos preços utilizados nos cálculos foram retirados do Diagnóstico do Manejo de RSU -2010 elaborado pela Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental– SNSA. Segundo os dados desse diagnóstico, o preço médio pago por tonelada de resíduos orgânicos foi de R\$66,77, e o valor médio pago por tonelada de RSS foi de R\$2.587,93. Outra informação relevante retirada desse diagnóstico é que a média nacional de produção de RSS é de 68 kg/1.000 habitantes/dia.

Para apresentação dos preços dos recicláveis dos dados de gravimetria, foram utilizados os dados fornecidos pela empresa detentora dos projetos. A tabela 4 mostra dados de gravimetria utilizados, com os respectivos preços pagos para cada quilograma de recicláveis. Uma curiosidade refere-se à quantidade de alumínio que sai das residências brasileiras, a qual é demasiadamente superior ao dado utilizado; entretanto, devido ao fato desse reciclável custar R\$1,50/kg, a maior parte dele é coletada pelos catadores de lixo, e apenas uma pequena parte desse tipo de resíduo chega à usina.

As proporções das receitas das usinas dependerão da existência de doação dos recicláveis para as cooperativas de catadores e da existência ou não do tratamento de RSS. Quando há o tratamento de RSS, ele representa 52% da receita total gerada. Já os recicláveis, se não forem doados, contribuirão com 22% da receita anual.

Na hipótese mais realista, em que os recicláveis são doados para as cooperativas e não há RSS, é que a renda auferida pela venda de energia elétrica exerce a maior importância, representando 10% da receita total. Mas a principal receita da usina é o transbordo de resíduo orgânico, o qual representa 39% da receita, e que é seguido pela receita obtida com a venda de biofertilizantes líquido e sólido, que correspondem, respectivamente, a 33% e 18% da receita total.

Tabela 4 - Gravimetria utilizada nos cálculos dos fluxos de caixa

Gravimetria		(R\$/kg)
<b>Orgânico</b>	<b>52,5%</b>	
Papelão	19,0%	0,35
Papel	10,0%	0,15
Vidro	4,0%	0,10
Plástico do tipo PET	3,0%	1,20
Metais ferrosos	3,0%	0,25
Filmes plásticos	2,0%	0,15
Plásticos diversos	1,5%	0,35
Alumínio	1,0%	1,50
Isopor	1,0%	0,10
Não recicláveis	3,0%	
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	

Fonte: Dados da empresa detentora dos projetos

Tabela 5 - Receitas no primeiro ano de operação

Receitas no ano 1 (R\$)	Usina		
	50 t	100 t	400t
Tratamento de resíduo orgânico (transbordo)	630.976,50	1.261.953,00	4.914.000,00
Biofertilizante líquido	540.000,00	1.080.000,00	4.320.000,00
Biofertilizante sólido	292.500,00	585.000,00	2.340.000,00
Produção de energia	168.750,00	337.500,00	1.350.000,00
Receita bruta	1.632.226,50	3.264.453,00	12.924.000,00
+ Receita de recicláveis	1.379.250,00	2.758.500,00	11.034.000,00
Receita bruta com recicláveis	3.011.476,50	6.022.953,00	12.924.000,00
<b>Incineração de resíduo hospitalar</b>	<b>3.201.165,89</b>	<b>6.402.331,79</b>	<b>25.609.327,14</b>
<b>Receita bruta com RSS</b>	<b>6.212.642,39</b>	<b>12.425.284,79</b>	<b>38.533.327,14</b>

Fonte: próprio autor, baseado nos dados da empresa detentora dos projetos

### 3.2.7 Escala e rentabilidade (VPL e TIR)

Quanto ao manejo de RSU, a escala de operação de um empreendimento é sempre uma questão importante. Em geral, as soluções mais engenhosas de manejo só se tornam viáveis em grandes centros urbanos, com alta densidade populacional. Conseguir implementar um manejo inteligente a um custo acessível para núcleos urbanos menores, com 50 a 400 mil habitantes, é uma missão complicada, porque as questões de rentabilidade dependem essencialmente da escala de operação. Por isso, discutiremos separadamente as soluções para núcleos urbanos de 50 mil, 100 mil e 400 mil habitantes.

O aspecto da densidade populacional é bastante relevante por causa dos custos de transporte. O que mais encarece o transporte de RSU é o fato de eles serem pesados, possuírem alto volume e baixo valor. Para fins de cálculo das ofertas de RSUs, o alcance da destinação final dos resíduos limita-se à faixa de 15 km a 25 km, segundo a PwC (2012). Acima dessa distância, o projeto somente será viável nos casos que incluam coleta de RSS, entre outras classes de resíduos perigosos, nos quais o maior custo viabiliza o custo do transporte.

Uma possível solução para os RSS de pequenos municípios é a formação de uma associação, que dividiria os custos da usina, ou pagaria somente pelo serviço de incineração. Como essa receita é muito alta, e os incineradores ficam por horas obsoletos, essa resolução é plenamente possível, entretanto isso não foi considerado nos cálculos.

Para fins de cálculo de viabilidade de cada escala do projeto, foram analisados quatro cenários distintos, cada um com um tipo de receita diferente. Foram calculados 3 VPLs e 3 TIRs para cada um desses cenários, sendo que o primeiro cálculo refere-se aos VPLs e TIRs do projeto. Para facilitar a citação deles, será usada a denominação  $VPL_P$  e  $TIR_P$ . O segundo cálculo, refere-se aos VPLs e TIRs dos acionistas, deduzidos os custos de financiamento, referenciados como  $VPL_F$  e  $TIR_F$ . O terceiro cálculo refere-se aos mesmos dados do segundo, porém sem os custos de financiamento, nomeados como  $VPL_A$  e  $TIR_A$ . Os gráficos gerados utilizaram os dados do acionista sem financiamento.

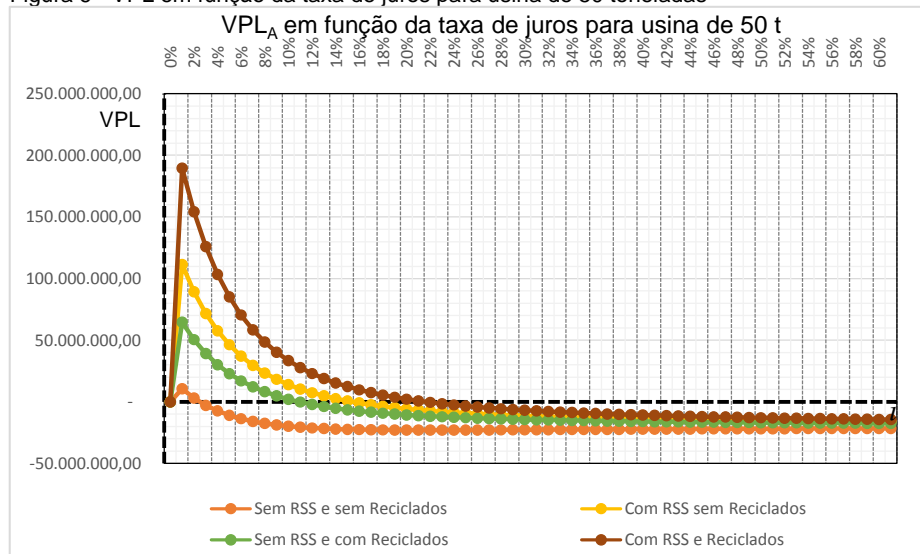
Os apêndices 1, 2 e 3 trazem as tabelas com as rentabilidades das usinas de 50 t, 100 t e 400 t, respectivamente, além de informações sobre fluxos de caixa do primeiro ano, custos dos impostos, receitas brutas etc.

#### 3.2.7.1 Usina 50 toneladas diárias

Em termos de  $VPL_P$  essa escala é viável em três cenários; a exceção dá-se quando há receita de recicláveis, sem RSS, em que o VPL é R\$ 195.147,21. Mas, como era de se esperar, essa é a escala que apresenta menor rentabilidade. O melhor cenário ocorreria caso a usina obtivesse receitas de RSS e reciclado. Nessa escala, a  $TIR_A$  do projeto chega a 22,69% e a  $TIR_{CF}$ , a 13,33%, não existindo a receita de recicláveis, a  $TIR_A$  é 14,42%.

Nos cenários com a receita somente da parte orgânica, a  $TIR_P$  é de 10,33%, o que é viável em termos econômicos. Em contrapartida, como a  $TIR_A$  é de 1,69%, este não seria o tipo de projeto que interessaria aos empresários. Mesmo quando há renda de recicláveis, a  $TIR_A$  e a  $TIR_P$  ficam abaixo dos 10%, o que inviabiliza os projetos em termos de VPL.

Figura 6 - VPL em função da taxa de juros para usina de 50 toneladas



### 3.2.7.2 Usina de 100 toneladas diárias

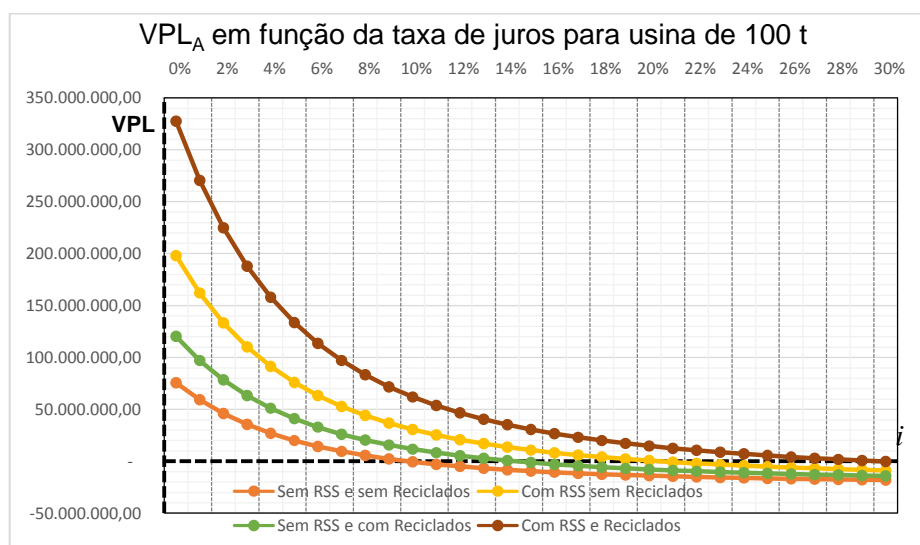
Nessa escala, todos os  $VPL_P$  e  $VPL_A$  são positivos, mesmo no pior cenário, em que as receitas advêm apenas dos resíduos orgânicos. No melhor cenário, em termos de faturamento, a  $TIR_{CF}$  chega a 22,47%, a  $TIR_P$ , a 30,58% a.a., mas legislação vigente não permite tal execução, pois, nesse cenário, não haveria a doação dos recicláveis. No cenário mais realístico, com rendas auferidas por orgânicos e RSS, o  $VPL_A$  é de 14,5 milhões, o que o torna atrativo para o setor privado e excelente para catadores, que receberiam cerca de 2,76 milhões em doações de recicláveis.

Havendo faturamento somente a partir dos orgânicos, o  $VPL_A$  é de 465 mil reais. Considerando-se que o investimento é de 25 milhões de reais, o retorno é pequeno quando observado o risco do negócio. Nessa situação, o setor privado somente teria interesse caso houvesse incentivos fiscais e/ou linha de financiamentos especiais em condições superiores às utilizadas nessa pesquisa.

O custo dessa usina em termos de R\$/habitante/ano é de 8,33, quando considerada uma vida útil de 30 anos da usina. Apenas com os impostos diretos, o governo arrecadaria R\$ 554.000,00 no pior cenário, e 2,996 milhões de

reais se fosse acrescentada a receita de RSS. Nesse caso, as receitas não parecem ser altas, mas servem para apoiar os argumentos utilizados para implementação de possíveis incentivos fiscais.

Figura 7 - VPL em função da taxa de juros para usina de 100 toneladas



Fonte: próprio autor, baseado nos dados da empresa detentora dos projetos

### 3.2.7.3 Usina de 400 toneladas diárias

Com a maior escala em todos os cenários, o projeto apresenta uma rentabilidade bem satisfatória. Mesmo no cenário menos vantajoso, a  $TIR_P$  seria de 47,79%. Ao se acrescentar a receita de recicláveis, a  $TIR_P$  cai para 21,95%, em decorrência dos gastos com tributos que incidem sobre o faturamento de recicláveis. O aumento de 11 milhões de reais na receita gera um custo adicional de 4,789 milhões de reais em tributos, ou seja, um aumento de 160% nos gastos fiscais, o que ainda é preferível à anterior, pois a  $TIR_A$  sai de 21,08% para 30,20%, conforme consta no Apêndice A3.

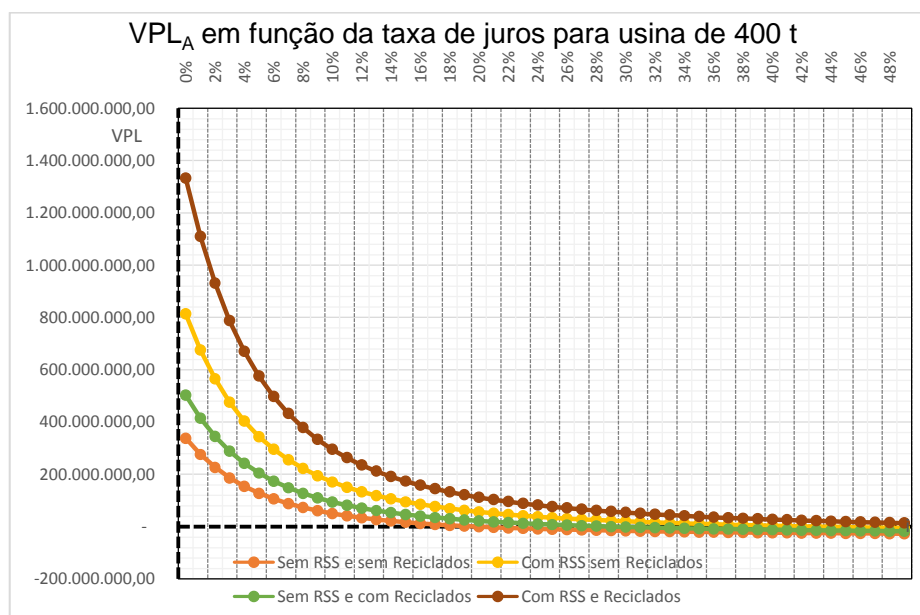
Na hipótese factível em termos legais, com arrecadação dos orgânicos e RSS, o  $VPL_P$  é o maior da pesquisa, chegando a R\$ 360.500.218,09, com uma  $TIR_P$  de 72,13%,  $TIR_{CF}$  de 35,44% e  $VPL_A$  de 194 milhões de reais. A



receita bruta gerada pela usina seria de 49,7 milhões de reais já no primeiro ano, enquanto a arrecadação para os cofres públicos superaria 12,7 milhões de reais.

Em um cenário com recebíveis de RSS e recicláveis, a  $TIR_{CF}$  de 56,05% só é possível graças ao fluxo de caixa de 17,953 de milhões de reais, mas, com os impostos (ISS;PIS;CONFIS;imposto de renda e CSLL), o governo arrecadaria 17,535 milhões de reais com a usina. Isso representaria 35% da receita bruta. Ou seja, a receita do governo seria apenas 2,3% menor do que receita do setor privado, o que demonstra o tamanho da carga tributária que incide sobre serviços de manejo de RSU.

Figura 8 - VPL em função da taxa de juros para usina de 400 toneladas



Fonte: próprio autor, baseado nos dados da empresa detentora dos projetos

### 3.3 Análise social do projeto

#### 3.3.1 Benefícios e custos das externalidades do projeto MDL – Produção de energia limpa

Um dos principais problemas gerados pelos RSUs é a emissão de gases de efeito estufa (GEE). No ano de 2013, a matriz energética brasileira emitiu

459 milhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente ( $\text{MtCO}_2\text{-eq}$ ), sendo  $215,3\text{MtCO}_2\text{-eq}$  gerado pelo setor de transportes (46,9% do total de emissões de carbono), enquanto as residências representam 3,9% das emissões totais, com  $18\text{MtCO}_2$ , BEN (2013). Vale lembrar que o Brasil é signatário de acordos internacionais com metas de redução de GEE instituídas pela Política Nacional sobre Mudanças do Clima desde 2009.

Inovações tecnológicas possibilitaram uma maior eficiência operacional no tratamento de RSU, reduzindo as emissões atmosféricas de metano ( $\text{CH}_4$ ) e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). Com a redução das emissões de GEE, os projetos de mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL) podem ser certificados como de redução de emissão de GEE e, posteriormente, obter alguma receita financeira, ainda que pequena, com a venda das reduções certificadas (FADE & BNDES, 2013).

No Plano Nacional de Energia (EPE, 2007), foram estudadas diversas alternativas de geração de energia, entre elas a biomassa. Um dos processos de produção de energia por meio de biomassa descrito no plano é o de aproveitamento energético por biodigestores anaeróbicos. Veringa (2000 apud EPE, 2007) descreve a digestão anaeróbica como “processo de degradação natural da matéria orgânica, realizado por populações bacterianas sem a presença de oxigênio, produzindo biogás, uma mistura de ( $\text{CH}_4$ ) e de ( $\text{CO}_2$ ), entre outros”. Os biodigestores são recipientes estanques, que proporcionam condições ideais para que as bactérias fermentem a carga de matéria orgânica, acelerando o processo de decomposição. As estimativas de aceleração desse processo utilizadas nos estudos da VIA PÚBLICA (2012) mostram que a captura de biogás em aterros sanitários pode se estender durante 50 anos, e que, em biodigestores anaeróbicos, esse tempo é reduzido para cerca de 21 dias. Segundo a EPE (2007), nesse tipo de biodigestores, a concentração volumétrica de metano varia entre 40% e 75% em função do tipo de matéria orgânica processada.

O metano, principal componente do biogás, não tem cheiro, cor ou sabor, mas os outros gases presentes conferem-lhe um ligeiro odor de alho ou de ovo podre (BARREIRA, 2011). O biogás  $\text{CH}_4$  pode ser utilizado como gás combustível e alimentar os geradores de energia elétrica, ou mesmo ser incinerado diretamente. Em ambas as utilizações, ele gera créditos de carbono, isso porque o

metano é extremamente nocivo para o aquecimento global, sendo cerca de vinte e uma vezes mais agressivo que o  $\text{CO}_2$  (IPCC, 2001).

### 3.3.1.1 Produção de energia limpa

A produção de energia elétrica nas usinas é na escala 11,9 MW para cada 100 t de resíduo orgânico. Em MW, as produções médias anuais das usinas de 50 t, 100 t e 400 t correspondem, respectivamente, a 1.125, 2.250 e 9.000.

Vale lembrar que essa energia advém não apenas do biogás coletado, mas também dos resíduos que foram destinados ao incinerador, o que aumenta consideravelmente a eficiência energética das usinas. Segundo EPE (2007), os incineradores conseguem aproveitar cerca 50% a 70% do potencial energético dos resíduos, sendo que 15% a 25% são aproveitados para a produção de energia elétrica, e o restante, para a produção de energia térmica.

Segundo os dados do Atlas Brasileiro de GEE, cada MW gerado a partir do uso direto de 615  $\text{m}^3/\text{h}$  de biogás equivale a: plantar 4.900 ha de árvores por ano; remover as emissões de  $\text{CO}_2$  de 9.000 carros; energia produzida por 99.000 barris de petróleo; 200 vagões de carvão; energia fornecida para mais de 650 casas (ABRELPE, 2013).

A tabela 5 mostra os cálculos em termos de carbono eficiência das usinas. A razão utilizada nos cálculos foi a de que cada 1 kg de resíduo orgânico gera 0,059  $\text{m}^3$  de biogás, se consideramos que 55% do biogás é metano (GRUPORUSSULA, 2010). Essa é uma estimativa bastante razoável, visto que, nos estudos preliminares da usina, a quantidade de metano auferida chegou a alcançar índices de 75%. Então, para cada 1  $\text{m}^3$  de biogás, tem-se 0,55  $\text{m}^3$  de  $\text{CH}_4$ , em que o fator de correção para equivalência é 25 vezes o de  $\text{CO}_2$  (FORSTER 2007 apud SANTOS, 2013), e a medida convencional é dada em unidades de  $\text{tCO}_2\text{e/ano}$ .

A quantidade de gases em termos de carbono equivalência é expressiva se pensarmos que, em uma cidade de 400 mil habitantes, deixa-se de emitir 1,8 milhão de toneladas de gás carbônico em 30 anos. Esta seria uma economia bastante significativa, que contribuiria positivamente para a qualidade de vida e o bem-estar da comunidade.

Tabela 6 - Carbono eficiência das usinas

Carbono eficiência das usinas			
Usina (em t)	Produção de resíduo orgânico (t/dia)	tCO <sub>2</sub> e/ano	tCO <sub>2</sub> e em 30 anos
50	26,25	7.666,31	229.989,38
100	52,5	15.332,63	459.978,75
400	210	61.330,50	1.839.915,00
*Não foram mensurados os impactos dos resíduos recicláveis e inorgânicos nos cálculos de eficiência de carbono.			

Fonte: próprio autor, baseado nos dados da empresa detentora dos projetos

### 3.3.1.2 Resíduos de serviços de saúde (RSS)

Os RSS são classificados como perigosos pela a Lei Federal n.º 12.305/2010 e demandam formas específicas para coleta e tratamento, mesmo antes de sua disposição. A responsabilidade pela destinação dos RSS é de seus geradores. Todos os municípios com unidades de saúde são responsáveis pela coleta, pelo tratamento e pela disposição final dos resíduos que produzem. Apesar disso, praticamente não há controle sobre a ação dos geradores de RSS, e mesmo os resíduos gerados pelos agentes públicos, como no caso dos hospitais públicos, não são objeto de fiscalização eficaz (ABRELPE 2014, MMA 2012).

No Plano Nacional de Resíduos Sólidos (2012), é possível identificar uma preocupação com a articulação entre as entidades e os setores públicos, e todas as esferas de governo, conforme lê-se abaixo:

Observou-se que é fundamental a articulação entre entidades e setores públicos, tanto nas esferas federal, estadual e municipal, para que o gerenciamento dos RSS seja efetivo e esteja em consonância com as diretrizes da nova Política. (BRASIL, 2012)

Todavia, em que pese o discurso contido no Plano Nacional de Resíduos Sólidos, os dados do Panorama da ABRELPE (2014) informam que foram recolhidas 252,2 mil toneladas de RSS no ano de 2013, porém não se sabe ao certo a quantidade desse tipo de resíduo que foi produzida, pois a maioria dos municípios faz uma coleta parcial ou nula desse tipo de resíduo. Infelizmente, essa é uma

prática comum dos municípios brasileiros, haja vista o alto custo para tratamentodesse tipo de resíduo. A média de custo para tratamento de RSS mencionada no diagnóstico SINIS (2010) é de R\$ 2.587,93/t, o que equivale a 38 vezes o custo do RSU padrão. Demais disso, a produção média brasileira de RSS, segundo o referido diagnóstico de 2010, é de 68 kg/1.000 habitantes/ano.Considerando-se a população de 91,071 milhões indivíduos, utilizada no cálculo de ABRELPE (2014), a produção de RSS apurada deveria ser de 6, 192 milhões de toneladas. Por essa discrepância de valores, é possível perceber o descaso existente quanto à gestão de RSS, mesmo após a instituição da PNRS.

Em 1991, a Resolução CONAMA n.º006/91 desobrigou a incineração de RSS, mas essa continua a ser a principal destinação de RSS.De acordo comos dados da ABRELPE (2014), 44% dos RSS recolhidos são destinados à incineração; 24% são submetidos a autoclavagem;2,4% são submetidos a microondas; e 31%, aoutros procedimentos. A incineraçãoa 1.200°C é vista como a solução mais eficaz frente à destinação para aterros, por conta dos riscos de contaminação de solo e água, além dos riscos de doenças (salmonelas, vírus, bactérias etc.). Além disso, o fato de todo<sup>8</sup> material ser cremado, apesar de haver perdas de recicláveis, evita a necessidade de desinfecção prévia, facilitando a logística.

As usinas em questão contam com incineradores que atendem a todas as exigências legais, os quais são de fácil acesso e demandam pouco contato humano, com o objetivo de minimizar o risco de contágio, contaminação etc. Os RSS ainda contam com um sistema de leitura de cartão magnético e de código de barras para dar mais transparência àlogística e ao processo de eliminação desses resíduos.

Os cartões magnéticos são lidos nos portões de entrada da usina; neles estão todas as informações sobre a origem e a tipificação dosresíduos transportados, especialmente a dos RSS. No caso dos RSS, antes da saída dos hospitais, é feita uma leitura por código de barra sobre os materiais contidos em

<sup>8</sup> Todo inclui três grupos de resíduos, sendo que os grupos 2 e 3 são destináveis as usinas, mas o grupo 1 não. Segundo o site Dinâmica Ambiental os grupos são formados por: *Grupo 1* composto por materiais radioativos, que possuem regulamentação própria do CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear que determina destinações específicas; *Grupo 2* - papelão, plásticos, papel, vidros, metais e os demais materiais passíveis de reciclagem; *Grupo 3* - materiais perfurocortantes armazenados em caixas de papelão específicas para essa finalidade. <http://www.dinamicambiental.com.br/blog/lixo-hospitalar/o-correto-destino-do-lixo-hospitalar/>

cada sacola ou caixa destinadas à usina, facilitando a logística e gerando um relatório de controle dos RSS eliminados. Esses relatórios são enviados *online* para o sistema SNIS e para os hospitais de origem dos RSS, garantindo o cumprimento da lei e protegendo as usinas e os hospitais, caso venham a existir possíveis relatos de má destinação dos resíduos.

### 3.3.1.3 Incinerador (*flare*)

A incineração é técnica antiga de eliminação de resíduos, amplamente conhecida e bastante utilizada em países da Europa, nos Estados Unidos da América e no Japão. Várias são as tecnologias de incineração, sendo as mais utilizadas: incinerador de leito fixo, leito fluidizado, pirolítico, tambor rotativo, *mass burn*. Os objetivos principais da técnica são o tratamento térmico e a redução do volume dos resíduos, com a utilização simultânea da energia neles contida. A energia recuperada pode ser utilizada para a produção de calor e energia elétrica. Nos incineradores modernos, conseguiu-se aproveitar cerca 50% a 70% da energia presente nos RSUs, sendo que 15% a 25% são aproveitados na produção de energia elétrica e o restante é energia térmica (FADE; BNDES, 2013; VIA PÚBLICA, 2012).

A incineração para tratamento térmico dos resíduos tem de ser realizada em altas temperaturas, pois a combustão ocorre entre 900°C e 1.300°C, e os resíduos decompostos saem em três fases: uma parte sólida inerte (cinzas ou escórias), uma gasosa e uma quantidade pouco significativa líquida. Os gases que sobram da combustão são lavados e resfriados, antes de serem dispersados na atmosfera. Os principais gases produzidos são o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), o oxigênio residual ( $\text{O}_2$ ), óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}_2$ ) e óxidos de enxofre ( $\text{SO}_2$ ) (FADE; BNDES, 2013, EPE, 2007).

As cinzas e os demais resíduos restantes, que estejam evidenciados como inertes, são destinados aos biodigestores, enquanto os demais efluentes são encaminhados para as estações de tratamento específicas.

### 3.3.2 Sustentabilidade

As maiores vantagens comparativas que os projetos das usinas possuem sobre os seus concorrentes diretos são os processos ambientalmente corretos objetivando um manejo mais limpo, sustentável e a custos viáveis. Os parágrafos a seguir vão citar as principais vantagens que esses projetos proporcionam à comunidade na qual forem instalados.

Quando se fala em RSU, umas das primeiras coisas que muitas pessoas pensam é a respeito do chorume. O seu tratamento é importante, pois, caso contrário, ele pode atingir lençóis freáticos, rios e córregos, levando à contaminação desses recursos hídricos, podendo contaminar peixes e outros animais que se sirvam desses recursos, bem como alimentos (frutas, verduras, legumes e cereais) destinados ao consumo, humano ou animal, produzidos sob sistema de irrigação agrícola.

Nas usinas, todo o chorume é tratado sem ocasionar mau cheiro, pois ele é todo levado a biodigestores, que funcionam como grandes balões, sem que haja contato do seu conteúdo com o ar atmosférico nem com lençóis freáticos próximos à usina.

Após o devidotratamento, grande parte do chorumese transformaem biofertilizantes líquidos, a parte gasosa resultante da biodigestão vai para os geradores de energia, e o restante é incinerado, transformando-seem óxidos nitrosos ( $\text{NO}_2$ ) e de enxofre ( $\text{SO}_2$ ). A parte mais líquida do chorume, que não se transforma em componente de biofertilizantes, vai para a estação de tratamento de água, com o fim de ser reutilizada na usina, não oferecendo nenhum risco ao meio ambiente.

Porém, só uma pequena parte dos resíduos orgânicos dos RSUsse transforma em chorume, pois a principal parte dos orgânicos encaminhados aos biodigestores vira uma massa pastosa, que é decantada, separando-se a parte líquida da sólida. A parte mais densa é granulada e, após perder a umidade, converte-se em um adubo com alta concentração de nitrogênio e baixa concentração de carbono (fósforo e potássio também estarão presentesnesse adubo, mas em menor quantidade). Já a parte líquida vai para os tanques de biofertilizantes, onde é filtrada e depositada em galões para a revenda. Nesse estado, a matéria orgânica já não representa nenhum perigo à natureza e não gera

problemas referentes à salinização do solo nem de desestruturação, como ocorre com o uso de fertilizantes químicos. Toda a transformação do resíduo orgânico em biofertilizantes sólido e líquido atende às normas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Em termos de área, as usinas demandam espaços dez vezes menores quando comparadas aos aterros de mesma capacidade, isso porque tanto a biodigestão quanto a incineração reduzem significativamente a necessidade de espaço, além de alongarem a vida útil do projeto em vários anos.

A paisagem da região permanece esteticamente mais natural, o que evita a desvalorização das redondezas da usina. Além disso, por requerem áreas relativamente pequenas, as usinas podem localizar-se mais próximas aos centros urbanos, como em regiões de parques industriais, entre outras, o que reduz os custos com transporte e logística. Segundo estudos da FGV (2008), os custos com terrenos para fins de aterro sanitário representam de 10% a 15% do investimento inicial, podendo chegar a atingir 30% a 40%, se o empreendimento for realizado em área mais valorizadas.

A separação dos recicláveis é um dos pontos mais discutidos na PNRS, devido aos diversos benefícios para os ciclos econômicos da comunidade local, para a economia do país, bem como para o aumento da eficiência energética, além da menor agressão ao meio ambiente, devido à redução da extração de matérias-primas e à redução das emissões de GEEs (VIA PÚBLICA, 2013). Nesse sentido, a **Redução**, o **Reúso** e a **Reciclagem**, que correspondem aos três erres dos resíduos sólidos, consistem objetivos da usina (NOGUEIRA, 2006).

A eficiência no tratamento da parte inorgânica que chega à usina é de 90%, o que só é possível por causa dos processos de separação e tratamento dos resíduos, nestes incluída a incineração. Afim de ajudar os catadores, que se beneficiam dos recicláveis da usina, é aplicada uma higienização em recicláveis como vidro e PET. Já os plásticos mais rígidos são triturados, e outros, incinerados. Os metais ferrosos, assim como alumínio, PETs, papel e papelão, são prensados e embalados, de forma a agregar mais valor a esses resíduos e facilitara sua venda.

Separar e tratar esses resíduos requer um grande número de catadores. Segundo as estimativas da empresa detentora da patente do projeto, são gerados oito empregos a cada tonelada de RSUs tratada, o que pode significar a criação de 400 a 3.200 novos empregos, a depender da escala da usina. Ressalta-



se, também, que a administração da usina gera oito empregos a cada 100t de RSUs tratada.

Discutiu-se, no presente trabalho, a viabilidade econômica das usinas, bem como o manejo ambientalmente correto dos resíduos, porém, para completar o tripé da sustentabilidade, o projeto também deve ser socialmente correto. Nesse ponto, é de especial relevância o conhecimento sobre os hábitos e níveis de desenvolvimento da comunidade em que a iniciativa proposta se fará presente, promovendo o crescimento e desenvolvimento da sociedade que lhe circunda, por meio da geração de empregos e qualificação profissional, oferecendo-se cursos profissionalizantes e oficinas de artesanato com recicláveis. O objetivo desses cursos profissionalizantes é incentivar o progresso da comunidade para que esta atinja melhores níveis em termos de desenvolvimento humano.

## CONCLUSÕES

Até aqui, a evolução normativa foi bastante positiva, muito embora a implementação/execução das disposições contidas na legislação ora vigente ainda seja incipiente em tópicos como logística inversa, responsabilidade pela gestão de RSS, entrega dos PGRS dos municípios etc. Quanto à exigência de entrega de PGRS pelos municípios, vale ressaltar que estes têm-na cumprido, porém o fazem com prazos muito superiores aos estabelecidos por lei, e um dos problemas mais comuns nesse sentido é a falta de dotação orçamentária municipal tanto para realizar os estudos necessários quanto para implantar os planos produzidos. A pouca efetividade da não tão nova lei (2012) e a falta de fiscalização federal e estaduais são problemas sim, mas há inúmeros outros problemas. Ante esse cenário, a imagem que é passada para a sociedade é de falta de responsabilidade, ou má vontade dos entes governamentais em executarem o que está determinado em lei.

Quanto às usinas, quase todas as simulações mostram que elas são viáveis em termos de projeto social, sendo que a única que possui VPL negativo é a de 50 t com as receitas dos materiais recicláveis. Mas todas as usinas, inclusive a de 50 t, são exequíveis em termos de VPL, na presença de tratamento de RSS. Porém uma TIR de 10, 33% para o investidor, em uma usina para 50 mil habitantes, não é uma taxa surpreendente, porque, conforme as condições de financiamento, como as do BNDES, por exemplo, ela não seria suficiente, dado o tipo de risco desse negócio. Os investidores teriam um real interesse na usina de 50 t, caso existisse uma associação de municípios no tratamento de RSS, pois a capacidade instalada na usina desse porte pode incinerar até 10 t/dia, o que teria um impacto significativo no fluxo de caixa da usina. Caso não existisse a associação de municípios, mas a receita de recicláveis não fosse doada a cooperativas, ela também seria uma solução interessante para os investidores, mas, ainda assim, o faturamento com RSS não poderia ser dispensado.

A usina de 100 t é viável nas hipóteses com receita de recicláveis e RSS, ou sem a destes, mas, no caso de as receitas serem originárias apenas de RSU, teria de haver algum(ns) incentivo(s) para sua implantação. Isso porque a TIR com financiamento fica em 8, 09% a.a., e se não houver isenções fiscais ou financiamentos subsidiados abaixo dos 7% a.a., não se justifica o investimento no projeto. Uma curiosidade nessa escala é que ela independe do cenário a ser

observado; quando se somam os impostos (ISS, PIS, CONFIS, IR, CSLL), a receita auferida pelos impostos é sempre maior do que a do fluxo de caixa do acionista. Esse é um dos fatores que explicam, em parte, o porquê de os investidores estrangeiros já não fomentarem com ânimo esse tipo de serviço.

Em termos de escala, todos os aspectos favorecem o projeto da usina de 400 t diárias: ela é única viável só com RSUs, com um VPL do projeto de 227, 33 milhões e uma TIR para o investidor sem financiamento de 21, 08% a.a. Um fato interessante é que, com a receita dos recicláveis, o VPL do projeto cai para 10, 25 milhões e a TIR fica em 21, 95% a.a. Isso ocorre por causa da alta carga tributária, pois o orçamento de tributos e impostos, já no primeiro ano, é 7, 756 milhões apenas de impostos diretos (ISS, PIS, CONFIS, imposto de renda e CSLL).

A carga tributária é tão alta que, no melhor cenário da usina de 400 t, com recebíveis de RSS e recicláveis, a TIR do investidor com o custo de financiamento é de 56, 05% a.a. e o fluxo de caixa, de 17, 953 milhões/ano, mas, com os impostos acima citados, o governo arrecada 17, 535 milhões/ano com a usina. Isso representa 35% da receita bruta, ou seja, o tamanho da carga tributária que incide sobre serviços de manejo de RSU é assustador: a receita do governo é apenas 2, 3% menor que a do setor privado.

Um ponto forte das usinas é a quantidade de benefícios que elas oferecem a um custo que pode ser considerado baixo, quando consideramos, para cada tipo de usina, o valor do investimento de implantação, em R\$/*per capita*/ano, ao longo dos 30 anos de vida útil estabelecida na pesquisa: para usina de 50t, um investimento de 13,33; para usina de 100t, são 8,33; e para a usina de 400t, apenas 3,33.

Em termos de carbono eficiência, as usinas também possuem resultados ótimos ao longo dos 30 anos: a usina de 50t proporciona uma economia de 230 mil tCO<sub>2</sub>-eq, o que representa um número expressivo para uma usina que custos 20 milhões de reais. Na usina de 100t, são 100 mil pessoas que vão deixar de emitir 460 mil tCO<sub>2</sub>-eq durante os 30 anos de operação. Já a população que for contemplada com uma usina de 400 t deixará de emitir 1,8 milhão de tCO<sub>2</sub>-eq em 30 anos, o que representa uma economia bastante expressiva e que contribui positivamente para a qualidade de vida e o bem-estar dessa população.

De modo geral, as usinas são uma solução engenhosa sustentável e de baixo custo, tendo em vista a quantidade de vantagens que elas oferecem frente a outras soluções para o manejo de RSUs.

## REFERÊNCIAS

ABRAMOVAY, R.; SPERANZA, J. S.; PETITGAND, C. **Lixo zero: gestão de resíduos sólidos para uma sociedade mais próspera**. São Paulo: Planeta sustentável: Instituto Ethos, 2013

ABRELPE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Atlas Brasileira de Emissões de GEE e Potencial Energético**: na destinação de Resíduos Sólidos. Disponível em:<[http://www.abrelpe.org.br/arquivos/atlas\\_portugues\\_2013.pdf](http://www.abrelpe.org.br/arquivos/atlas_portugues_2013.pdf)>. Acesso em: 28 maio 2014.

ABRELPE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Manual de boas Práticas**. ABRELPE, 2013. São Paulo, 2012. Disponível em:<[http://www.abrelpe.org.br/manual\\_apresentacao.cfm](http://www.abrelpe.org.br/manual_apresentacao.cfm)>. Acesso em: 28 maio 2014.

ABRELPE –ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil-2011**. 2012. São Paulo, 2012. Disponível em:<<http://a3p.jbrj.gov.br/pdf/ABRELPE%20Panorama%202001%20RSU-1.pdf>>. Acesso em: 28 maio 2014.

ABRELPE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil-2012**. ABRELPE, 2013. São Paulo, 2013. Disponível em:<<http://a3p.jbrj.gov.br/pdf/ABRELPE%20%20Panorama2012.pdf>>. Acesso em: 28 maio 2014.

ABRELPE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil-2013**. 2014. São Paulo, 2014. Disponível em:<<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2013.pdf>>. Acesso em: 28 maio 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS (ABETRE) “**Política Nacional de Resíduos Sólidos**” **AUDIÊNCIA PÚBLICA** – com o Diretor Presidente Diógenes Del Bel encaminhada ao Senado Federal-Subcomissão Temporária de Resíduos Sólidos (CMARS) na data 19/3/2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR – 10.004: Resíduos Sólidos: Classificação**. Rio de Janeiro: novembro, 2004. Disponível em:<<http://www.aslaa.com.br/legislacoes/NBR%20n%2010004-2004.pdf>>. Acesso em: 19 junho de 2014.

BARREIRA, Paulo. **Biodigestores**:Energia, Fertilidade e Saneamento para a Zona Rural.São Paulo: Ícone, 2011.

BEZERRA, I. L. S. et al. **PRODUÇÃO DE GÁS COMBUSTÍVEL: CONSTRUÇÃO DE UM BIODIGESTOR CASEIRO** IX Congresso de iniciação Científica do IFRN 2012.4

BNDES – Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social. **Análise das diversas tecnologias de tratamento e disposição final de Resíduos sólidos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão – Relatório final.** Brasília: FADE, 2013.

BRASIL. **Lei Federal nº 12.305 de 2 de agosto de 2010** - Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. 2010. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/pol%C3%ADtica-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos>>. Acesso em: 25 nov. 2014.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Planos de Gestão de Resíduos Sólidos:** manual de orientação. Brasília:2012. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/182/\\_arquivos/manual\\_de\\_residuos\\_](http://www.mma.gov.br/estruturas/182/_arquivos/manual_de_residuos_)>. Acesso em: 5 dez. 2014.

CALDERONI, S. **Os bilhões Perdidos em lixo.**São Paulo: Humanitas, 2003.

CONTADOR, C. R. **Projetos Sociais:** Avaliação e Prática. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

DANIEL, H.;PERINAZ, B.WHAT A WASTE A Global Review of Solid Waste Management.Urban Development & Local Government Unit, Washington, DC. **WORLD BANK**, v. 15, mar. 2012.

FORSTER, P.et al. 2007: Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. In: Climate Change 2007:The Physical Science Basis. **Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. FGV Projetos; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS (ABETRE). **Estudo sobre os Aspectos Econômico e Financeiros da Implementação e Operação de Aterros Sanitários.** Rio de Janeiro:FVG, ABETRE, 2008.

GIUSTI, L. A review of waste management practices and their impact on human health. **Waste Manage**, v.29, n. 8, p. 2227-2239,2009.

GODOY, M. "Dificuldades para aplicar a Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos no Brasil"**Caderno de Geografia**, v.23, n.39, 2013.

GOUVEIA, N.;PRADO, R. R. Riscos à saúde em áreas próximas a aterros de resíduos sólidos urbanos.**Revista Saúde Pública**, v. 44,n. 5 p.859-866, 2010.

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciência & saúde coletiva** , v.17, n.6, p.1503-1510, 2012.

HARRIS, J. M.**Environmental and Natural Resource Economics:** A Contemporary Approach. 2. ed. Boston: Houghton Mifflin, 2006

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Sinopse do Censo Demográfico 2010**: Brasília, 2011. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default\\_sinopse.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default_sinopse.shtm)>. Acesso em: 19 jun. 2014.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **“Third Annual Report”**, Cambridge: Cambridge University Press, 2000. Disponível em: <[http://www.grida.no/publications/other/ipcc\\_tar/?src=/climate/ipcc\\_tar/wg1/](http://www.grida.no/publications/other/ipcc_tar/?src=/climate/ipcc_tar/wg1/)> Acesso em: 19 nov. 2014.

MANKIW, N. Gregory. **Introdução à economia**. 5ª Ed. Tradução de Allan Vidigal Hastings. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

MONTEIRO, J. H. P. et al **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. Instituto Brasileiro de Administração Municipal. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

MUELLER, C. C. **Os economistas e as relações entre o sistema econômico e o meio ambiente**. Brasília: Editora UnB, 2007.

NOGUEIRA JUNIOR, Jorge Madeira. **Políticas de gestão de resíduos sólidos: análise teórica da viabilidade econômica dos três erros**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente). Universidade de Brasília. Junho, 2006.

PIGOU, A.O. **The economies of welfare**. 4 Ed. London: MacMillan, 1932.

PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. L., **Microeconomia**. Tradução: Pedro Catunda, revisão técnica Roberto L. Troster– 2 Ed.. São Paulo. Ed. Markron Books, 1994.

PRICEWATERHOUSECOOPERS (PwC) SERVIÇOS PROFISSIONAIS; SINDICATO DAS EMPRESAS DE LIMPEZA URBANA NO ESTADO DE SÃO PAULO (SELUR); ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS SÓLIDOS E LIMPEZA PÚBLICA (ABLP). **Guia de orientação para adequação dos Municípios à Política Nacional de Resíduos Sólidos** (PNRS). São Paulo: SELUR/ ABLP/ PwC, 2012.

ROSCOE, Juliana Sarti. A internalização de variáveis ambientais nas análises custo-benefício para **projetos rodoviários**: utopia ou realidade? Dissertação (Mestrado) em Gestão Econômica do Meio Ambiente, Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

SANTOS, M. C. **Utilização de Dinâmica de Sistemas para Avaliação de Emissões Atmosféricas de Gases de Efeito Estufa na Indústria de Exploração e Produção de Petróleo e Gás**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica e Escola de Química, Programa de Engenharia Ambiental, Rio de Janeiro, 2013.

DA SILVA, Crispim et al. Custo Do Lixo: Em Estudo Sobre A Inexistência De Critérios Na Elaboração Dos Editais De Licitação Para Contratação De Empresas Para Serviços De Coleta Do Lixo. **Global Journal of Management And Business Research**, v. 14, n. 1, 2014.

SIMONETTO, E. O; LÖBLER, M. L. Simulação baseada em system dynamics para avaliação de cenários sobre geração e disposição de resíduos sólidos urbanos - Prod. **Associação Brasileira de Engenharia de Produção**, São Paulo, v.24, n.1, Jan./Mar. 2014. Disponível em: <[http://www.scielo.br/pdf/prod/2013nahead/aop\\_0368-12.pdf](http://www.scielo.br/pdf/prod/2013nahead/aop_0368-12.pdf) > Acesso em 30 novembro de 2014.

SOUSA, M<sup>a</sup> C. S. **Bens Públicos e Externalidades**- FACE – Faculdade de Administração, Contabilidade, Economia, Ciência da Informação e Documentação Departamento de Economia Introdução à Economia, Notas de aula de 2012. Disponível em: <<http://www.aedmoodle.ufpa.br/mod/resource/view.php?id=26825> > Acessado em: 28 set. 2014.

VARIAN, H.R. **Intermediate Microeconomics**: a Modern Approach, 4 Ed., título em Português Microeconomia Princípios Básicos: uma abordagem moderna. 7 Ed. Rio de Janeiro: Elsevier e CAMPUS, 2006.

VIA PUBLICA - I&T - Gestão de Resíduos e NRG. **Estudo de Alternativas de tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos** -Incinerador mass burn e Biodigestor anaeróbio. Dez. de 2012. Disponível em <[http://www.no\\_burn.org/downloads/BIODIGESTAO%20e%20INCINERACAO.pdf](http://www.no_burn.org/downloads/BIODIGESTAO%20e%20INCINERACAO.pdf)> Acesso em 18 de dezembro de 2014.

ZUTSHI, A.; SOHAL, A. Environmental management systems auditing: auditor's experiences Australia. **International Journal Environment and Sustainable Development**, v. 1, No. 1, pp.73-87, 2002.



## APÊNDICES

### Apêndice 1 – Tabela de rentabilidade da usina de 50 t

<b>Usina de 50 t</b>	<b>Sem RSS e sem recicláveis</b>	<b>Com RSS e sem recicláveis</b>	<b>Sem RSS e com recicláveis</b>	<b>Com RSS e recicláveis</b>
<b>Receita bruta de venda*</b>	<b>3.011.476, 50</b>	<b>6.212.642, 39</b>	<b>3.011.476, 50</b>	<b>6.212.642, 39</b>
Tratamento de resíduos hospitalares*	-	3.201.165, 89	-	3.201.165, 89
<b>Receita de recicláveis**</b>	<b>1.379.250, 00</b>	<b>1.379.250, 00</b>	<b>1.379.250, 00</b>	<b>1.379.250, 00</b>
= Lucro antes do IR + CSLL*	864.852, 22	3.115.067, 98	668.309, 10	2.918.524, 85
<b>Fluxo de capital líquido do projeto</b>	<b>1.959.747, 47</b>	<b>3.444.889, 86</b>	<b>1.361.084, 01</b>	<b>2.846.226, 40</b>
VPL	977.002, 88	31.158.451, 53	- 195.147, 21	27.835.637, 88
TIR	10, 33%	22, 01%	9, 91%	20, 69%
Fluxo de caixa do acionista*	-	-	-	-
	3.063.160, 93	23.873, 29	728.429, 15	756.713, 25
VPL Acionista	-	-	-	-
	37.564.830, 06	7.352.143, 48	17.953.112, 66	10.077.672, 42
TIR Acionista	-3, 52%	7, 34%	2, 84%	13, 33%
VPL (p/ Acionista sem financiamento)	-	-	-	-
	19.775.626, 67	10.405.821, 98	195.147, 21	27.835.637, 88
TIR (p/ Acionista sem financiamento)	1, 69%	14, 42%	9, 91%	20, 69%
(-)ISS+PIS+CONFIS (5%+1, 65%+7, 6%)*	232.592, 28	688.758, 42	429.135, 40	885.301, 54
(-) IR +CSLL (34%)*	-	590.178, 11	227.225, 09	992.298, 45
<b>Total de impostos recolhido diretamente*</b>	<b>232.592, 28</b>	<b>1.278.936, 53</b>	<b>656.360, 49</b>	<b>1.877.599, 99</b>

\*Dados retirados do primeiro ano de receita da usina  
 \*\* Quando há doação dos recicláveis para cooperativas, receita de recicláveis é deduzida nos cálculos de impostos.

**Apêndice2 – Tabela de rentabilidade da usina de 100 t**

<b>Usina de 100 t</b>	<b>Sem RSS e sem recicláveis</b>	<b>Com RSS sem recicláveis</b>	<b>Sem RSS e com recicláveis</b>	<b>Com RSS e recicláveis</b>
<b>Receita bruta de venda*</b>	<b>6.022.953, 00</b>	<b>12.425.284, 79</b>	<b>6.022.953, 00</b>	<b>12.425.284, 79</b>
Tratamento de resíduos hospitalares*	-	6.402.331, 79	-	6.402.331, 79
Receita de recicláveis**	2.758.500, 00	2.758.500, 00	2.758.500, 00	2.758.500, 00
= Lucro antes do IR + CSLL*	3.019.896, 45	7.520.327, 95	2.626.810, 20	7.127.241, 70
<b>Fluxo de capital líquido do projeto</b>	<b>4.081.021, 66</b>	<b>7.051.306, 45</b>	<b>2.883.694, 73</b>	<b>5.853.979, 52</b>
VPL	43.580.921, 70	83.242.715, 02	20.535.517, 54	76.597.087, 71
TIR	22, 91%	32, 82%	15, 24%	30, 58%
Fluxo de caixa do acionista*	-	-	-	-
VPL Acionista	20.160.841, 64	14.539.999, 10	6.661.939, 28	49.399.630, 89
TIR Acionista	3, 99%	13, 89%	8, 09%	22, 47%
VPL (p/ Acionista sem financiamento)	2.075.662, 60	36.737.455, 92	15.535.517, 54	71.597.087, 71
TIR (p/ Acionista sem financiamento)	10, 73%	21, 46%	15, 24%	30, 58%
(-)-ISS+PIS+CONFIS (5%+1, 65%+7, 6%)*	465.184, 55	1.377.516, 83	858.270, 80	1.770.603, 08
(-) IR +CSLL (34%)*	88.874, 79	1.619.021, 50	893.115, 47	2.423.262, 18
<b>Total de impostos recolhido diretamente*</b>	<b>554.059, 34</b>	<b>2.996.538, 34</b>	<b>1.751.386, 27</b>	<b>4.193.865, 26</b>
*Dados retirados do primeiro ano de receita da usina				
** Quando há doação dos recicláveis para cooperativas, receita de recicláveis é deduzida nos cálculos de impostos.				

**Apêndice 3 – Tabela de rentabilidade da usina de 400 t**

<b>Usina de 400 toneladas</b>	<b>Sem RSS e sem recicláveis</b>	<b>Com RSS sem recicláveis</b>	<b>Sem RSS e com recicláveis</b>	<b>Com RSS e recicláveis</b>
<b>Receita bruta de venda*</b>	<b>24.091.812, 00</b>	<b>49.701.139, 14</b>	<b>24.091.812, 00</b>	<b>49.701.139, 14</b>
Tratamento de resíduos hospitalares*	-	25.609.327, 14	-	25.609.327, 14
Receita de recicláveis**	11.034.000, 00	11.034.000, 00	11.034.000, 00	11.034.000, 00
= Lucro antes do IR + CSLL*	14.316.001, 79	32.317.727, 81	12.743.656, 79	30.745.382, 81
<b>Fluxo de capital líquido do projeto</b>	<b>15.040.121, 18</b>	<b>26.921.260, 36</b>	<b>10.250.813, 48</b>	<b>22.131.952, 66</b>
VPL	227.329.482, 21	360.500.218, 09	74.155.497, 27	333.917.708, 85
TIR	47, 79%	72, 13%	21, 95%	65, 25%
Fluxo de caixa do acionista*	-172.905, 13	11.708.234, 05	6.071.787, 17	17.952.926, 35
VPL Acionista	25.730.039, 03	158.963.250, 77	74.155.497, 27	298.401.777, 94
TIR Acionista	14, 01%	35, 44%	21, 95%	56, 05%
VPL (p/ Acionista sem Financiamento)	61.308.445, 80	194.479.181, 68	109.671.428, 19	333.917.708, 85
TIR (p/ Acionista sem financiamento)	21, 08%	44, 44%	30, 20%	65, 25%
(- )ISS+PIS+CONFIS (5%+1, 65%+7, 6%)*	1.860.738, 21	5.510.067, 33	3.433.083, 21	7.082.412, 33
(-) IR +CSLL (34%)*	1.115.880, 61	7.236.467, 46	4.332.843, 31	10.453.430, 16
<b>Total de impostos recolhido diretamente*</b>	<b>2.976.618, 82</b>	<b>12.746.534, 78</b>	<b>7.765.926, 52</b>	<b>17.535.842, 48</b>

\*Dados retirados do primeiro ano de receita da usina

\*\* Quando há doação dos recicláveis para cooperativas, receita de recicláveis é deduzida nos cálculos de impostos.